

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO

Autor: D. Manuel M^a Benavente Lepe

Tutor: D. Blas González González

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Departamento de
Construcciones
Arquitectónicas 1

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Civil

Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO

Autor:

D. Manuel M^a Benavente Lepe

Tutor:

D. Blas González González

Profesor asociado

Dpto. Construcciones Arquitectónicas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Grado: Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO

Autor: D. Manuel M^a Benavente Lepe

Tutor: D. Blas González González

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

A mis padres, Ana y Manuel, y a mi hermana, Ana, por todo el apoyo y el ánimo que han hecho que todo sea menos complicado. A mi padre, por haberme ensañado parte de este mundo de la ingeniería civil desde pequeño. A mi madre, por ser un apoyo fundamental durante estos años, esas opiniones tan sinceras y hacerme ver el lado bueno de las cosas. A mi hermana, por contárgame su alegría y acompañarme por y para siempre, la mejor amiga que podría tener.

A Gloria, por estar ahí siempre, en los buenos momentos y en los que no eran tan buenos. Por ser tan importante y hacerme ver las cosas desde otra perspectiva.

A mis amigos, los que siempre han estado y los que han aparecido en esta etapa, por poder contar con ellos y estar siempre dispuestos a echar una mano.

A mis profesores, por haberme despertado tanto interés en esto y haberme enseñado todo lo que sé. En especial al tutor de este trabajo, Blas, por sus consejos y conocimientos transmitidos. Le agradezco haberme dado la posibilidad de desarrollar este novedoso proyecto.

Sin todos ellos no hubiera sido posible alcanzar esta meta. Llega aquí el fin de esta primera etapa universitaria, de la que no podría estar más contento y orgulloso. Gracias a todos los que estuvieron ahí.

Manuel

Sevilla, julio de 2019

Resumen

En el presente Trabajo Fin de Grado analizamos la aplicación de la herramienta de programación visual DYNAMO durante la creación de proyectos BIM, enlazada con la herramienta BIM REVIT. Concretamente nos centraremos en su aplicación dentro del sector de la ingeniería civil con el objetivo de estudiar las ventajas que nos ofrece y mostrar los campos donde podemos emplearlo.

Para ello, hemos recopilado información acerca de este programa para ver dónde podríamos aplicarlo y cuál es su filosofía de trabajo.

Además, dada la importancia de los parámetros en un proyecto BIM hemos estudiado cómo los gestiona la herramienta REVIT. Es fundamental conocerlos perfectamente pues un modelo BIM se diferencia de un modelo 3D en que tiene información asociada a través de estos parámetros.

Una vez realizada esta fase de investigación, elegimos las líneas de aplicación que consideramos más interesantes para generar elementos BIM, exportar e importar datos que son útiles en las distintas fases que hay tanto en la redacción de un proyecto como en la posterior ejecución en obra y gestión.

Estos casos prácticos han sido comprobados con proyectos de REVIT según la terminología de esta herramienta. La premisa principal es que puedan ser empleados en modelos BIM completos, para poder facilitar la gestión de la información asociada, la generación de elementos con geometría compleja... y automatizar tareas repetitivas.

Finalmente, se exponen las líneas futuras de trabajo y las conclusiones extraídas al realizar este Trabajo Fin de Grado con respecto a la aplicación de esta herramienta de programación en la generación y uso de modelos BIM.

Palabras clave

DYNAMO, REVIT, BIM Civil, Automatizar BIM

In this study we analyze the application of DYNAMO linked to REVIT during the creation of BIM projects. In particular, we focus on its application in Civil Engineering sector. The objective is to demonstrate the advantages that it offers and show where we can use this software.

For this reason, we have compile information about this software in order to find out its applications and its work philosophy.

In addition, due to the significance of parameters in a BIM project we have studied how REVIT manages them. We have to know it perfectly because a BIM model has information associated through those parameters and a 3D model doesn't. That is the difference between a BIM Project and a 3D model.

Once this investigation has been concluded, we choose the most interesting applications to generate BIM elements, export and import useful information not only during a project redaction but also in its execution and its subsequent management.

Those applications have been checked with REVIT projects according to REVIT terminology. The main objective is to use this examples in complete BIM models in order to make easier masive data management, generation of complex geometry elements... and automate repetitive tasks.

Finally, we stated further investigation lines and conclusions deduced from this study in relation to the application of this software (DYNAMO) in BIM models.

Keywords

DYNAMO, REVIT, BIM Civil, Automate BIM

Agradecimientos	9
Resumen	10
Abstract	12
Índice	13
Índice de Tablas	15
Índice de Figuras	16
1 Objetivo del TFG	21
1.1 <i>Objeto del trabajo</i>	22
1.2 <i>Precedentes en la US</i>	22
2 Metodología	25
3 Automatización de procesos BIM	27
3.1 <i>Introducción a la herramienta DYNAMO</i>	29
3.2 <i>Aplicaciones</i>	30
3.2.1 <i>Acciones repetitivas</i>	30
3.2.2 <i>Generación de geometrías complejas</i>	31
3.2.3 <i>Gestión de información</i>	32
3.2.4 <i>Otros</i>	33
3.3 <i>Otros softwares</i>	33
3.3.1 <i>RHINOCEROS</i>	34
3.3.2 <i>GRASSHOPPER</i>	34
3.3.3 <i>AutoCAD Civil 3D & DYNAMO</i>	34
4 Parámetros de REVIT	37
4.1 <i>Tipos de parámetros</i>	39
4.1.1 <i>Parámetros de sistema</i>	39
4.1.2 <i>Parámetros de proyecto</i>	40
4.1.3 <i>Parámetros compartidos</i>	42
4.1.4 <i>Parámetros de familia</i>	49
4.1.5 <i>Parámetros globales</i>	51
4.2 <i>Datos del parámetro</i>	56
4.2.1 <i>Nombre</i>	56
4.2.2 <i>Disciplina</i>	56
4.2.3 <i>Agrupar parámetro</i>	60
4.2.4 <i>Descripción de la información</i>	61
4.2.5 <i>Tipo o ejemplar</i>	61
4.2.6 <i>Categorías</i>	62
4.2.7 <i>Parámetro de informe</i>	62
5 Desarrollos para infraestructuras civiles	65
5.1 <i>Mediciones de áreas específicas de pilares</i>	66
5.1.1 <i>Introducción</i>	66
5.1.2 <i>Rutina</i>	66
5.1.3 <i>Versión alternativa</i>	69

5.2	<i>Generación de elementos</i>	74
5.2.1	Generación de la geometría	74
5.2.2	Generación Familia	77
5.3	<i>Añadir parámetros a un modelo BIM existente</i>	81
5.3.1	Parámetros por defecto	81
5.3.2	Parámetros a añadir	83
5.3.3	Creación de parámetros con DYNAMO	84
5.3.4	Resultado	85
5.4	<i>Crear filtros en un modelo BIM existente</i>	88
5.4.1	Alternativa 1	89
5.4.2	Alternativa 2	90
5.4.3	Generamos el filtro	90
5.4.4	Duplicamos la vista	91
5.4.5	Propiedades visuales del filtro	91
5.4.6	Resultado	93
5.5	<i>Duplicar tipos de muro y cambiar su espesor</i>	94
5.5.1	Duplicar muro	94
5.5.2	Cambiar el espesor de las capas	94
5.6	<i>Crear piezas</i>	97
5.6.1	Seleccionamos los elementos	98
5.6.2	Asignamos la altura de corte	98
5.6.3	Creamos las piezas	99
5.7	<i>Exportar</i>	103
5.7.1	Alternativa 1	103
5.7.2	Alternativa 2	107
5.8	<i>Importar</i>	110
5.8.1	Importamos el fichero Excel	110
5.8.2	Modificamos la información de los parámetros. Alternativa 1	110
5.8.3	Modificamos la información de los parámetros. Alternativa 2	114
5.8.4	Rutas relativas y absolutas	117
6	Conclusiones	119
6.1	<i>Automatizamos procesos</i>	119
6.2	<i>Generamos elementos de geometría compleja</i>	119
6.3	<i>Automatizamos funciones de REVIT</i>	120
6.4	<i>La programación visual</i>	120
6.5	<i>Gran variedad de nodos y paquetes de nodos</i>	120
6.6	<i>Filosofía del software</i>	120
6.7	<i>Adaptamos funciones rápidamente</i>	120
6.8	<i>Rutinas dentro del entorno colaborativo</i>	121
6.9	<i>Interoperabilidad</i>	121
7	Futuras líneas de investigación	123
7.1	<i>Aplicación de DYNAMO a la planificación territorial o modelado del entorno</i>	123
7.2	<i>Automatización de conexiones entre elementos prefabricados con DYNAMO</i>	123
7.3	<i>Introducir datos de entrada a través de ventanas emergentes</i>	124
7.4	<i>Generación de nodos personalizados con Python</i>	124
	Referencias	125
	Anejo 1.- DYNAMO	131
	<i>Entorno de DYNAMO</i>	131
	<i>Python</i>	143
	<i>Reproductor de DYNAMO</i>	145
	Anejo 2.- Diagramas de flujo	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Ruta relativa

118

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.- DYNAMO STUDIO, entre los productos principales de AUTODESK	29
Ilustración 2.- Acceso a DYNAMO en REVIT	30
Ilustración 3.- Alternativa 1	30
Ilustración 4.- Alternativa 2	31
Ilustración 5.- Alternativa 1	31
Ilustración 6.- Alternativa 2	31
Ilustración 7.- Familias por defecto (Viga, Pilar, Muro...)	32
Ilustración 8.- Vaso de un decantador. Sección transversal	32
Ilustración 9.- Vaso de un decantador modelado en REVIT	32
Ilustración 10.- Nodo para escribir en un fichero Excel	33
Ilustración 11.- Nodo para leer un fichero Excel	33
Ilustración 12.- RHINOCEROS	34
Ilustración 13.- GRASSHOPPER	34
Ilustración 14.- AutoCAD Civil 3D	35
Ilustración 15.- DYNAMO en CIVIL 3D	35
Ilustración 16.- Clasificación de los elementos	37
Ilustración 17.- Ejemplares de muros y pilares	38
Ilustración 18- Parámetros de sistema	39
Ilustración 19- Parámetros de proyecto	40
Ilustración 20- Parámetro de proyecto	40
Ilustración 21- Parámetros de proyecto	41
Ilustración 22- Creación de parámetro de proyecto	41
Ilustración 23- Comprobación	42
Ilustración 24- Suprimir parámetro de proyecto	42
Ilustración 25- Parámetros compartidos	43
Ilustración 26- Creación de parámetros compartidos	43
Ilustración 27- Parámetros compartidos	44
Ilustración 28- Asignar parámetro compartido a categorías	44
Ilustración 29- Formato del archivo .txt	44
Ilustración 30- Exportar parámetros compartidos	46
Ilustración 31- Exportar parámetros compartidos	46
Ilustración 32- Editor de familias	47
Ilustración 33- Tipos de familia	47
Ilustración 34- Añadir nuevo parámetro	48
Ilustración 35- Suprimir parámetro compartido	48

Ilustración 36- Suprimir parámetro compartido	49
Ilustración 37- Parámetros de familia	49
Ilustración 38- Crear parámetro de familia	50
Ilustración 39- Tipos de familia	50
Ilustración 40- Nuevo parámetro de familia	51
Ilustración 41- Parámetros globales	51
Ilustración 42- Parámetros globales	52
Ilustración 43- Crear nuevo parámetro global	52
Ilustración 44- Ejemplo de fórmula	53
Ilustración 45- Ejemplo. Asignación de parámetros globales	53
Ilustración 46- Asociar parámetro global	54
Ilustración 47- Asociar parámetro global	54
Ilustración 48- Nuevo parámetro global	55
Ilustración 49- Asignar parámetro global a una cota	55
Ilustración 50- Propiedades de parámetro	56
Ilustración 51- Tipos de parámetros. Disciplina común	57
Ilustración 52- Tipos de parámetros. Disciplina Estructural	57
Ilustración 53- Unidades	58
Ilustración 54- Tipos de parámetros. Disciplina Climatización	59
Ilustración 55- Tipos de parámetros. Disciplina Electricidad	59
Ilustración 56- Tipos de parámetros. Disciplina Fontanería	60
Ilustración 57- Tipos de parámetros. Disciplina Energía	60
Ilustración 58- Grupos de parámetros	61
Ilustración 59- Parámetro de informe en una fórmula	63
Ilustración 60- Parámetro de proyecto en función de parámetro de informe	63
Ilustración 61- Selección de elementos	66
Ilustración 62- Extracción de superficie	67
Ilustración 63- Filtro de superficies	67
Ilustración 64- Exportación a hoja Excel	68
Ilustración 65- Ejemplo	69
Ilustración 66- Resultado	69
Ilustración 67.- Categorías de pilares	70
Ilustración 68.- Elegimos las categorías	70
Ilustración 69.- Filtramos los pilares por nivel	70
Ilustración 70.- Área de pilares	71
Ilustración 71.- Área de pilares	71
Ilustración 72.- Extraemos los parámetros	72
Ilustración 73.- Nombre de la hoja del fichero Excel	72
Ilustración 74.- Generación de la hoja Excel	73
Ilustración 75- Sección decantador	75

Ilustración 76- Unidades	75
Ilustración 77- Esquema de la sección	76
Ilustración 78- Creación de la geometría	76
Ilustración 79- Generación del objeto 3D	77
Ilustración 80- Primera opción	77
Ilustración 81- Resultado	77
Ilustración 82- Segunda opción	78
Ilustración 83- Resultado	78
Ilustración 84- Creación Familia Decantadores	78
Ilustración 85- Resultado final	79
Ilustración 86.- Decantadores colocados. Vista en planta	80
Ilustración 87.- Decantadores colocados. Vista en 3D	80
Ilustración 88.- Parámetros de tipo	81
Ilustración 89.- Estructura	82
Ilustración 90.- Parámetros de ejemplar	82
Ilustración 91.- Crear parámetros	84
Ilustración 92.- Rutina	85
Ilustración 93.- Nuevos parámetros de tipo	85
Ilustración 94.- Propiedades de ejemplar	86
Ilustración 95.- Filtros	88
Ilustración 96.- Crear filtros	88
Ilustración 97.- Gráficos	89
Ilustración 98.- Ejemplo	89
Ilustración 99.- Extraer parámetro	90
Ilustración 100.- Valor de comparación	90
Ilustración 101.- Generación del filtro	91
Ilustración 102.- Vista duplicada	91
Ilustración 103.- Propiedades gráficas del filtro	92
Ilustración 104.- Grosor de líneas de corte	92
Ilustración 105.- Filtro	93
Ilustración 106.- Resultado tras aplicar el filtro	93
Ilustración 107.- Duplicar tipo de muro	94
Ilustración 108.- Índice de las capas	95
Ilustración 109.- Cambiar el espesor de una capa de un muro	95
Ilustración 110.- Capas de la estructura del muro	95
Ilustración 111.- Ejemplo en DYNAMO	96
Ilustración 112.- Resultado	96
Ilustración 113.- Fases	97
Ilustración 114.- Nivel inferior	98
Ilustración 115.- Nivel superior	98

Ilustración 116.- Altura de corte	99
Ilustración 117.- Línea de ubicación	99
Ilustración 118.- Wall.ByCurveAndLevels	100
Ilustración 119.- Generación de las curvas de corte	100
Ilustración 120.- Anchura del muro	100
Ilustración 121.- Obtener el desplazamiento	101
Ilustración 122.- Creamos la línea de referencia	101
Ilustración 123.- Generación de muros	102
Ilustración 124.- Asignación de la fase	102
Ilustración 125.- Nombre del tipo de familia	103
Ilustración 126.- Nodos	104
Ilustración 127.- Nodo All Elements In Active View	104
Ilustración 128.- Extraer parámetros	105
Ilustración 129.- Añadir el Element ID	105
Ilustración 130.- Generación del archivo Excel	106
Ilustración 131.- Esquema de organización de elementos	106
Ilustración 132.- Seleccionamos los ejemplares	107
Ilustración 133.- Extraemos los parámetros	107
Ilustración 134.- Fichero Excel	108
Ilustración 135.- Seleccionamos los tipos de familia	108
Ilustración 136.- Información generada en cada hoja	109
Ilustración 137.- Hojas generadas	109
Ilustración 138.- Importamos la hoja Excel	110
Ilustración 139.- Extraer tipo de parámetro	111
Ilustración 140.- Filtrar parámetros	112
Ilustración 141.- Filtro	112
Ilustración 142.- Aplicar filtro y extraer posición del parámetro	112
Ilustración 143.- Extraer información de los parámetros filtrados	113
Ilustración 144.- Importar imagen y asignarla como parámetro	113
Ilustración 145.- Cargamos las imágenes	113
Ilustración 146.- Comparamos las rutas de las imágenes en REVIT con las rutas de la hoja Excel	114
Ilustración 147.- Ordenamos las imágenes	114
Ilustración 148.- Seleccionamos las hojas e importamos la información	115
Ilustración 149.- Extraemos los parámetros y el tipo	115
Ilustración 150.- Obtenemos los datos de los parámetros	116
Ilustración 151.- Modificamos los parámetros	116
Ilustración 152.- Seleccionamos las hojas e importamos la información	117
Ilustración 153.- Ejemplo	118
Ilustración 154.- Rutas	118
Ilustración 155.- Ventana inicial	131

Ilustración 156.- Entorno del espacio de trabajo	132
Ilustración 157.- Zonas	132
Ilustración 158.- Selección de nodos	133
Ilustración 159.- Copiar y pegar	133
Ilustración 160.- Acciones con los nodos	134
Ilustración 161.- Crear grupo	134
Ilustración 162.- Enlace Auto	134
Ilustración 163.- Enlace más corto	135
Ilustración 164.- Enlace más largo	135
Ilustración 165.- Enlace producto vectorial	135
Ilustración 166.- Etiquetas	135
Ilustración 167.- Propiedades del nodo personalizado	136
Ilustración 168.- Activar niveles	136
Ilustración 169.- Ejemplo: lista con tres niveles	137
Ilustración 170.- Ejemplo 1	137
Ilustración 171.- Ejemplo 2	138
Ilustración 172.- Paquetes instalados	140
Ilustración 173.- DYNAMO packages, [60]	140
Ilustración 174.- Publicar un paquete en DYNAMO	141
Ilustración 175.- Publicación en línea	142
Ilustración 176.- Rango de trabajo de geometría	143
Ilustración 177.- Python Script	144
Ilustración 178.- Consola de Python	144
Ilustración 179.- Reproductor de DYNAMO	145
Ilustración 180.- Cambiar nombre del nodo	145
Ilustración 181.- Información del nodo	146
Ilustración 182.- Ventana del Reproductor de DYNAMO	146
Ilustración 183.- Seleccionar carpeta	147
Ilustración 184.- Rutina dentro del reproductor	147
Ilustración 185.- Play	147
Ilustración 186.- Nombre de la rutina	148
Ilustración 187.- Editar datos de entrada	148
Ilustración 188.- Editar datos de entrada	148
Ilustración 189.- Editar en DYNAMO	148
Ilustración 190.- Estado de la secuencia de comandos	148

1 OBJETIVO DEL TFG

El presente documento titulado Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO se enmarca dentro de la normativa referente al Trabajo Fin de Grado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla (ETSI) para la obtención de los créditos ECTS de la asignatura Trabajo Fin de Grado, y así obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad de Sevilla. El departamento que ha propuesto el Trabajo Fin de Grado que se va a desarrollar ha sido el Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, siendo el tutor del presente trabajo D. Blas González González, Ingeniero de Caminos, Canales Puertos, profesor de dicho departamento.

En este trabajo vamos a investigar sobre la tecnología BIM que actualmente está tomando una gran importancia en cuanto a la redacción de proyectos y gestión de obra, entre otros, dentro del marco profesional de la Ingeniería Civil. Investigaremos cómo podríamos agilizar los procesos repetitivos de trabajo en la redacción de proyectos y gestión de obra al utilizar modelos BIM. Además, buscamos proporcionar una base de conocimiento con la cual ampliar y facilitar las opciones de modelado de elementos asociados a las obras civiles.

Con este trabajo se pretende aportar un cierto nivel de conocimiento sobre esta tecnología de trabajo y ampliar las funcionalidades de las herramientas actuales de diseño BIM. Para poder demostrarlo, le añadimos ejemplos realizados para mostrar el resultado obtenido.

En definitiva, se busca que este trabajo sirva de caldo de cultivo para incitar a aquellos profesionales relacionados con la ingeniería civil a volcarse en el aprendizaje de la tecnología BIM. Como prueba de ello resaltamos que, además de obtener modelos de información completos, podemos ahorrar tiempo en la generación de estos. Por supuesto, el enfoque dado es hacia el sector de la ingeniería civil pero también podría aplicarse en otros sectores como el de la arquitectura, edificación ...

1.1 OBJETO DEL TRABAJO

El objeto principal de este trabajo es mostrar la automatización de procesos en la herramienta BIM denominada REVIT con el software de programación visual compatible DYNAMO (que podemos emplearlo como un complemento de REVIT) con el fin de generar rutinas de trabajo. Ambos softwares han sido generados por AUTODESK, por lo que podremos emplearlos gracias a las licencias educativas ofrecidas por la Universidad de Sevilla.

REVIT será la herramienta BIM en la que veremos reflejados los resultados. La emplearemos para gestionar los modelos BIM y trabajar con ellos. Por otra parte, DYNAMO será la herramienta que emplearemos para la generación de las rutinas que nos ayuden y faciliten la resolución de tareas dentro del software REVIT. En cuanto a las versiones empleadas, serán REVIT 2019 y DYNAMO 2.0.2, siendo ambas las versiones actuales de los productos a fecha de Marzo de 2019 que ha sido cuando comenzamos el desarrollo de el presente Trabajo Fin de Grado.

Debido al papel que juegan las aplicaciones prácticas¹ dentro de la creación de modelos BIM, se ha optado por investigar sobre la aplicación de estos softwares (REVIT, DYNAMO) en tres líneas de trabajo. Estas son las que mencionamos a continuación:

- Generación de modelos 3D paramétricos aplicados a elementos propios de las competencias de la Ingeniería Civil.
- Exportación masiva de datos de un modelo BIM a un fichero Excel, para su posterior tratamiento en herramientas de medición, presupuestos, planificación... además de la gestión de los datos.
- Importación masiva de datos existentes a un modelo BIM desde un fichero Excel que contiene la información asociada al modelo.

A través de la interacción con estas tres ramas de trabajo pretendemos mostrar la gran utilidad del software DYNAMO en estos modelos. Además, con la primera línea de trabajo buscamos aumentar las posibilidades de diseño que nos ofrece REVIT para poder adaptarlo a las competencias de la Ingeniería Civil. Esto último hasta ahora podría haber sido un impedimento en cuanto a la generación de elementos propios de la Ingeniería Civil. Sin embargo, veremos cómo se puede facilitar gran medida este proceso.

1.2 PRECEDENTES EN LA US

En este apartado analizaremos cuáles han sido los precedentes, tanto de Trabajos Fin de Grado como de Trabajos Fin de Máster, que han sido desarrollados con el fin de aumentar el conocimiento en cuanto a la tecnología BIM ligada al ámbito de la construcción. Por ello es por lo que encontramos estos documentos en grados y másteres relacionados con la construcción como son el Grado en Ingeniería Civil, Grado en Fundamentos de Arquitectura y Grado en Edificación y sus respectivos másteres.

El material que se desarrolla en base a la tecnología BIM, obtenido del depósito de investigación de la Universidad de Sevilla [1] es el que podemos ver a continuación.

- [2] ORNIA NUÑEZ, Francisco Javier, 2019. *Modelado de información y digitalización de las linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla* [en línea]. Francisco Rico Delgado, David Marín García, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/83464>
- [3] VERA GALINDO, Carmen, 2018. *Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 5D Costes* [en línea]. Blas González González, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/84165>

¹ “Aplicaciones prácticas” son los proyectos de REVIT que a modo de casos prácticos se han desarrollado en el presente Trabajo Fin de Grado.

- [4] HIDALGO SÁNCHEZ, Francisco Manuel, 2018. *Interoperatividad entre SIG y BIM aplicada al patrimonio arquitectónico, exploración de posibilidades mediante la realización de un modelo digitalizado de la Antigua Iglesia de Santa Lucía y posterior análisis* [en línea]. Antonio Jaramillo Morilla, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/79394>
- [5] RAMOS SÁNCHEZ, Daniel, 2018. *Desarrollo instrumental de ACV en plataformas BIM, herramienta paramétrica de visualización de resultados* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/83228>
- [6] CLAVIJO MACÍAS, Carlos, 2018. *Análisis de ciclo de vida de soluciones arquitectónicas ligeras y de rápido montaje, estudio de prototipos y procesos constructivos, los modelos de pórtico axial de Jean Prouvé* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/83224>
- [7] ARANDA LÓPEZ, Álvaro, 2018. *Análisis, levantamiento, proceso constructivo, modelado y recreación virtual del Puente del Cristo de la Expiración* [en línea]. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/82272>
- [8] ALGARÍN GONZÁLEZ, Alejandro, 2017. *Aplicación del software AutoCad Civil 3d al diseño de una nueva presa en el pantano de la Concepción, Málaga* [en línea]. Manuel Morato Moreno, Francisco Cabezas García, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/69846>
- [9] BLÁZQUEZ RECIO, Alfonso José, 2017. *Levantamiento, recreación virtual y proceso constructivo de la Pasarela de la Cartuja* [en línea]. Manuel Morato Moreno, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/62252>
- [10] GARCÍA ROMERO, Ester, 2017. *Análisis formal, modelado y recreación virtual del Puente y Viaducto del Alamillo. Sevilla* [en línea]. Manuel Morato Moreno, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/64685>
- [11] MARTÍN RODRÍGUEZ, Antonio, 2017. *Predicción de deterioro y Conservación Preventiva mediante sistemas BIM de la muralla del Recinto I del Real Alcázar de Sevilla (Casas 7 y 8 del Patio de Banderas)* [en línea]. Manuel Macías Montero, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas II (ETSIE), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/56112>
- [12] ORMAZA GARCÍA, Fabricio A., 2017. *Análisis de ciclo de vida de modelos habitaciones de vivienda unifamiliar en entornos de clima cálido húmedo, Ecuador Siglo XXI* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70105>
- [13] CONEJERO DÍAZ, Javier, 2017. *Análisis de ciclo de vida de la Casa Wichita, materialidad y proceso constructivo* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70080>
- [14] REYES BORBÓN, Mabel Scarlen, 2017. *Análisis comparativo de sistemas constructivos pesados vs ligeros, mediante herramientas LCA-BIM, en el contexto caribeño, República Dominicana*

- [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70088>
- [15] CORONADO HERNÁNDEZ, Gabriela, 2017. *Influencia de las estrategias de diseño pasivo en la reducción del consumo energético de la tipología de edificio docente de la República Dominicana mediante el BIM* [en línea]. David Moreno Rangel, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/69975>
 - [16] GONZÁLEZ CUDER, Manuel, 2017. *Recuperación histórica de la obra desaparecida de Aníbal González, Café París, Sevilla* [en línea]. Isidro Cortés Albalá, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/64873>
 - [17] DOMÍNGUEZ BLANCO, Victoria, 2015. *Estudio sobre la implementación de la tecnología BIM en las contrataciones de obra pública* [en línea]. Isidro Cortés Albalá, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/41359>
 - [18] GÓMEZ RODRÍGUEZ, Matías. *Integración de procesos BIM en levantamiento de edificios existentes: edificio de laboratorios de la E.T.S.I.E., Campus Universitario Reina Mercedes, Sevilla, 2015* [en línea]. Isidro Cortés Albalá, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/36449>

2 METODOLOGÍA

A día de hoy sabemos ya la importancia que tiene la incorporación de la tecnología BIM en el sector de la ingeniería civil. Es importante en todas las fases que conlleva una obra, desde la generación del proyecto hasta la gestión y el mantenimiento de la misma.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la herramienta DYNAMO y la potencialidad de aplicaciones que tiene dentro de los modelos BIM para Ingeniería Civil. Con esta, además de ofrecernos la libertad de generar cualquier rutina aplicada a REVIT, también veremos la facilidad con la que podemos obtener resultados de tratamiento de la información.

Por ello, este trabajo comenzará con la investigación acerca de esta herramienta. Al ser desconocida por el autor del trabajo y ante la ausencia de publicaciones escritas (Marzo, 2019), será necesario buscar información en numerosas páginas web, foros de consulta... con el objetivo de saber acerca de ella. Este proceso de adaptación a la herramienta puede ser considerado el más importante ya que con él obtenemos las bases del software y aprendemos cuál es su filosofía de trabajo. Tras ello, pasaremos a analizar el entorno de trabajo de la herramienta y sus distintos apartados.

A continuación, estudiaremos las aplicaciones hacia las que podemos enfocar el uso de esta herramienta dentro de la tecnología BIM aplicada a obras civiles. Como veremos, son varias las salidas que ofrece esta software. Entre ellas tendremos la generación de modelos, la importación de datos, creación de rutinas para funciones específicas, la exportación de datos, automatizar tareas repetitivas y, sobre todo, la interoperabilidad con otros softwares (Excel, por ejemplo).

Básicamente procederemos a la generación de modelos 3D de objetos relacionados con la ingeniería civil y terminaremos finalmente con la gestión de la información a través de la importación y exportación de parámetros. Todas las rutinas realizadas tendrán como premisa principal la agilización del trabajo que hay que realizar para la generación de un modelo BIM y su posterior gestión.

Para poder corroborar todo este estudio realizado sobre la herramienta y sus funciones, se realizarán unos casos prácticos en los que se puede analizar la introducción de este software en todas las fases de un proyecto.

El salto del CAD al BIM conlleva un aprendizaje de nuevas herramientas de modelado como podría ser REVIT. En principio, este aspecto podría ser un impedimento pues el aprendizaje de un software nuevo para el usuario no es un proceso sencillo. Por ello, se pretenderá explicar al lector con un alto nivel de detalle cómo se desarrollarán los casos prácticos que realizaremos con estas herramientas (REVIT, DYNAMO).

Por otra parte, es difícil crear una rutina que resuelva todos los casos que podamos plantearnos. De esta forma, al explicar con detalle el desarrollo de cada caso práctico desarrollado facilitaremos al usuario que pueda adaptar cada ejemplo según su caso. Además, para dar un mayor dinamismo al presente trabajo acompañaremos todos estos desarrollos de las rutinas con los resultados que obtendremos en cada una de ellas.

Por último, para concluir con el trabajo iniciaremos una investigación acerca de la situación actual y las diferentes aplicaciones de la herramienta de programación visual DYNAMO. El objetivo será obtener posibles líneas futuras de investigación. Además, añadiremos las conclusiones extraídas por el autor del trabajo sobre este software y sus aplicaciones.

3 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS BIM

Actualmente ya podemos ver la importancia que adquiere en los proyectos la generación de modelos BIM en el sector de la ingeniería civil . Prueba de ello es que en base a la directiva europea 2014/24/UE, se ha constituido por el Ministerio de Fomento la comisión es.BIM en el año 2015 con la cual se fomenta el desarrollo de esta tecnología.

Estos modelos BIM implican la generación de geometrías complejas correspondientes a elementos constructivos propios de las obras civiles. A día de hoy, las herramientas BIM existentes no han incluido estos elementos digitales y es por ello la importancia de empezar en este trabajo.

Por lo tanto, vemos relevante realizar una investigación a cerca de este campo tan amplio y que puede servirnos de gran ayuda en la redacción y ejecución de proyectos bajo la tecnología BIM. Debido a la gran envergadura de los mismos resulta interesante enfocarlo hacia la gestión de la información. Con esto buscamos el objetivo de hacer que los datos que tenemos dentro del modelo digital sean más accesibles y fáciles de controlar y manejar.

Existen muchos procesos de modelado que podemos automatizar o realizar de manera más sencilla e intuitiva. Para el desarrollo de los ejemplos realizados se han escogido diferentes tipos de tareas que podemos resumir en las que aparecen a continuación.

- Modelado de objetos 3D paramétricos. En el sector de la ingeniería civil existen elementos con formas muy complejas y que, a priori, resultan difíciles de modelar con un software enfocado hacia la arquitectura y edificación como es REVIT. Prueba de ello es que cuando queremos buscar, por ejemplo, un muro inclinado, vemos que no aparece esta opción. Para poder realizar muros inclinados debemos crear primero un modelo genérico que represente al elemento que queremos modelar. En la generación de este modelo genérico es donde podemos facilitar el proceso y conseguir el elemento que queremos. Esto es porque lo conseguimos a través de objetos geométricos sencillos como son los puntos, las líneas, las superficies y los sólidos.
- Extracción de información del modelo BIM. Este proceso, junto con el de la importación de datos es uno de los más importantes que nos permiten hacer los softwares compatibles con la tecnología BIM. Para ello, tenemos varias opciones con el objetivo común de recoger toda la información disponible para luego exportarla a un fichero Excel. Aunque sabemos que dentro de REVIT existen las tablas de planificación (herramienta empleada para visualizar la información de los parámetros), esta no nos ofrece una distinción clara y organizada de los datos. Sin embargo, realizando la rutina podríamos adaptar esta información y organizarla según nos interese.
- Introducción de información en los modelos BIM masivamente. Como mencionamos antes, la importación es otro de los pilares básicos en estos modelos. Esto es lo que nos permite que tengamos un modelo de información completo. Para realizar este proceso es conveniente tener la información bien organizada ya que trabajaremos con modelos extensos y detallados, con numerosos elementos y parámetros. Debido a que hasta ahora este proceso de gestión de la información se venía realizando con archivos Excel, el objetivo será gestionar esta información desde la hoja Excel y luego importarla directamente en el modelo BIM existente.
- Adaptación de funciones propias de REVIT. Para ello vamos a realizar ejemplos sobre las siguientes aplicaciones de REVT.
 - Mediciones.
 - Añadir parámetros a un modelo BIM existente.

- Crear filtros en un modelo BIM existente.
- Duplicar tipos de muros y cambiar su espesor.
- Crear piezas.

En algunos casos nos puede interesar modificar una función que viene ya incluida en REVIT. También puede plantearse el caso de que busquemos simplificar el proceso para ejecutar este comando, reduciendo el número de datos de entrada o modificándolos. Un ejemplo de esto podría ser la realización de filtros. Podríamos sumarle a la creación del filtro la generación de una vista donde aparezcan los elementos que cumplen con la criba establecida. Con esto tendríamos adaptada la función del filtro de REVIT a nuestras necesidades. Se desarrollarán varios ejemplos prácticos correspondientes a este apartado.

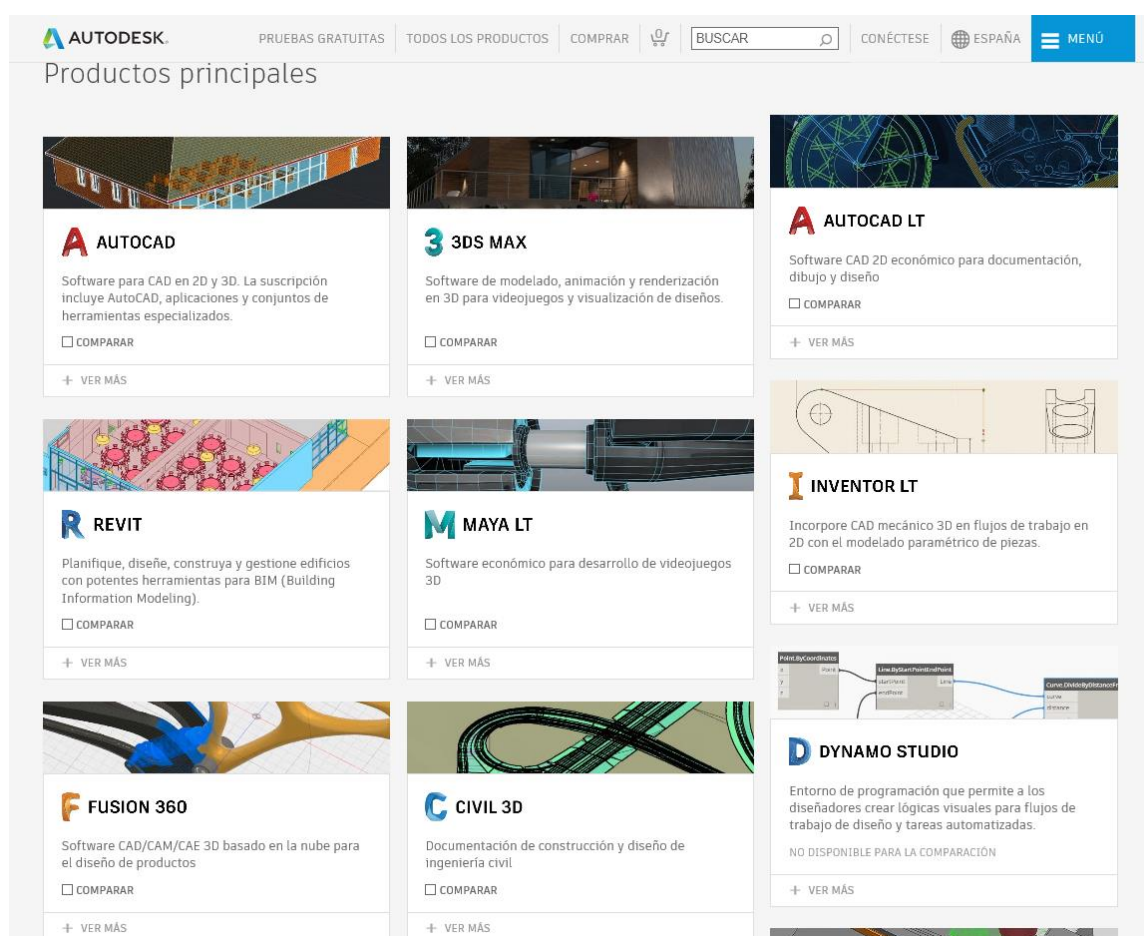
Para la realización de estas tareas y su automatización existen herramientas que nos ofrecen el grado de libertad que necesitamos. Entre ellas nos encontramos con GRASSHOPPER que es un software compatible con RHINO que nos permite el diseño paramétrico y que más adelante analizaremos en profundidad. La que emplearemos en el desarrollo de este trabajo será DYNAMO, que es un software de programación visual compatible con REVIT, el cual nos permitirá realizar estas rutinas.

3.1 INTRODUCCIÓN A LA HERRAMIENTA DYNAMO

Antes de empezar a mostrar cómo se generan dichos modelos debemos conocer el programa y para ello vamos a dedicar este apartado. Hablaremos del entorno, de las utilidades que tiene su empleo, del flujo de trabajo que debemos seguir y de algunos apuntes necesarios en cualquier rutina que generemos, entre otras cosas.

DYNAMO es un programa visual que pertenece a AUTODESK y que podemos emplearlo desde REVIT (así lo haremos en este trabajo) o como un software independiente de programación visual (DYNAMO STUDIO, Ilustración 1). De acuerdo con [19], es apto para la programación gráfica de código abierto para el diseño. Esto lo hace útil más allá de las opciones que nos ofrece dentro del entorno de REVIT. Además de para REVIT, también es apto para VASARI que pertenece a AUTODESK. Por último, debemos añadir que para la versión 2020 del software CIVIL 3D se ha permitido el uso de DYNAMO dentro de esta herramienta BIM.

Ilustración 1.- DYNAMO STUDIO, entre los productos principales de AUTODESK



Fuente 1: [20]

Cabe destacar que cuando lo ejecutamos, accedemos a un entorno propio de DYNAMO exterior a REVIT, VASARI o CIVIL 3D.

Por otra parte, en los últimos años este software ha pasado de ser un plug-in que teníamos que instalar independientemente a REVIT (versiones 2015 y 2016, [21]), a ser una herramienta integrada dentro del programa a la cual podemos acceder desde la ficha de Gestionar (Ilustración 2). Además, lo tenemos tanto para el generador de proyectos como para el editor de familias. De esta forma, podemos ver la importancia que ha ido adquiriendo debido a su gran potencial y su versatilidad, permitiéndonos automatizar acciones complejas o repetitivas con la generación de una rutina adecuada.

Ilustración 2- Acceso a DYNAMO en REVIT



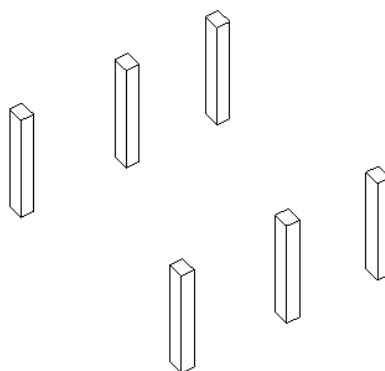
3.2 APLICACIONES

Las tareas en las cuales podemos emplear DYNAMO son numerosas, empenzando desde la gestión de los datos que extraemos del modelo hasta la importación masiva de datos, pasando por la generación de modelos. Básicamente podríamos decir que es un software que nos facilita algunas acciones de REVIT, siendo un complemento esencial para el mismo y con el que reducimos en gran medida el tiempo empleado en la modelización, introducción y extracción de datos entre otros.

3.2.1 ACCIONES REPETITIVAS

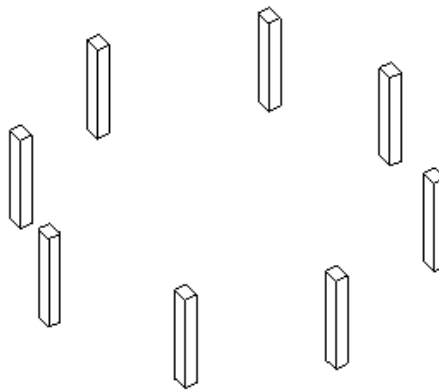
Unos de los principales pilares del uso de este software es la creación de rutinas que nos permiten evitar los procesos repetitivos y tediosos que pudieran surgir durante la generación de un modelo BIM. Con DYNAMO, a través de unos nodos² sencillos podemos crear rutinas completas que nos sirvan por ejemplo para la colocación de pilares dentro de un modelo de REVIT. De esta forma, cualquier modificación que hagamos dentro de la rutina de DYNAMO generada se reflejará dentro del proyecto de REVIT pudiendo adaptar así el código según el caso. Por ejemplo, podríamos plantearnos el caso de si nos interesaría más una distribución de pilares rectangular (Ilustración 3) o circular (Ilustración 4) para un edificio de nueva construcción. Con unas pequeñas modificaciones en nuestra rutina tendríamos una posible solución para ambos casos. De la misma forma, también podríamos generar cualquier otro tipo de distribución. Si este proceso tuviéramos que hacerlo manualmente, nos llevaría bastante tiempo el desarrollo de ambas alternativas pues tendríamos que colocar los pilares uno a uno.

Ilustración 3.- Alternativa 1



² Un nodo en DYNAMO es el elemento que empleamos para realizar una acción concreta dentro de la rutina. Puede ser un dato de entrada, la operación suma de dos variables...

Ilustración 4.- Alternativa 2



Por otra parte, también tenemos la ventaja de poder analizar diversas opciones o alternativas rápidamente [22]. Esta aplicación es especialmente útil en la etapa de diseño. De esta forma podríamos analizar una distribución de ventanas dentro de una fachada, por ejemplo, con solamente ir variando un cierto número de parámetros que establezcamos. Haciendo referencia al ejemplo anterior, también podríamos modificar el número de pilares que vamos a colocar o la distancia entre estos de forma rápida y eficaz.

Ilustración 5.- Alternativa 1

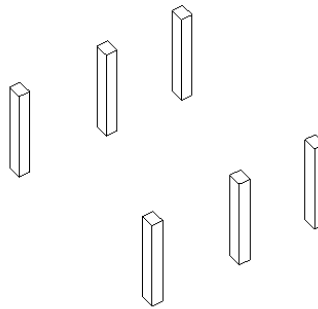
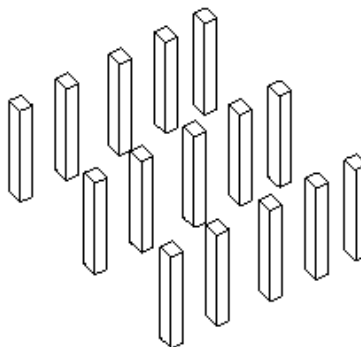


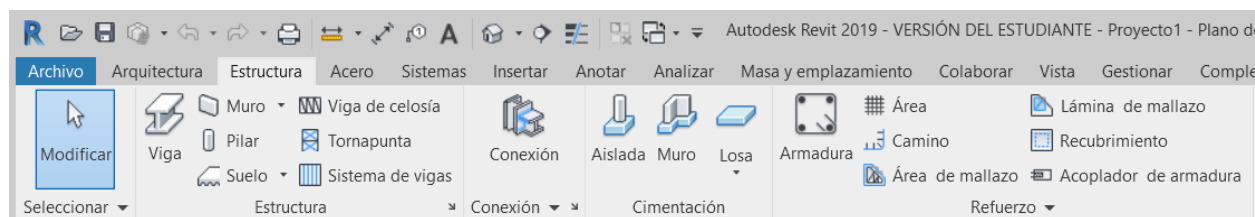
Ilustración 6.- Alternativa 2



3.2.2 GENERACIÓN DE GEOMETRÍAS COMPLEJAS

Como mencionamos anteriormente, en REVIT no disponemos de una biblioteca de familias dedicadas a la obra civil salvo las estructuras (Ilustración 7). En general, cuando queremos realizar un proyecto nos encontramos con elementos singulares como son por ejemplo algunas vigas, de los cuales tenemos que generar una nueva familia paramétrica con el fin de representarla en el modelo.

Ilustración 7.- Familias por defecto (Viga, Pilar, Muro...)



Este proceso de creación de la familia paramétrica puede ser complejo si intentamos realizarlo desde el editor de familia de REVIT. Sin embargo, empleando DYNAMO podemos generar sencillamente la geometría y establecer una serie de parámetros variables según el caso. Además, a partir de esta geometría podremos crear una familia y asignarle los parámetros que creemos convenientes. Conforme más complicado es el modelo que necesitamos realizar en REVIT, más ventajas ofrece la creación de una rutina en DYNAMO.

Ilustración 8.- Vaso de un decantador. Sección transversal

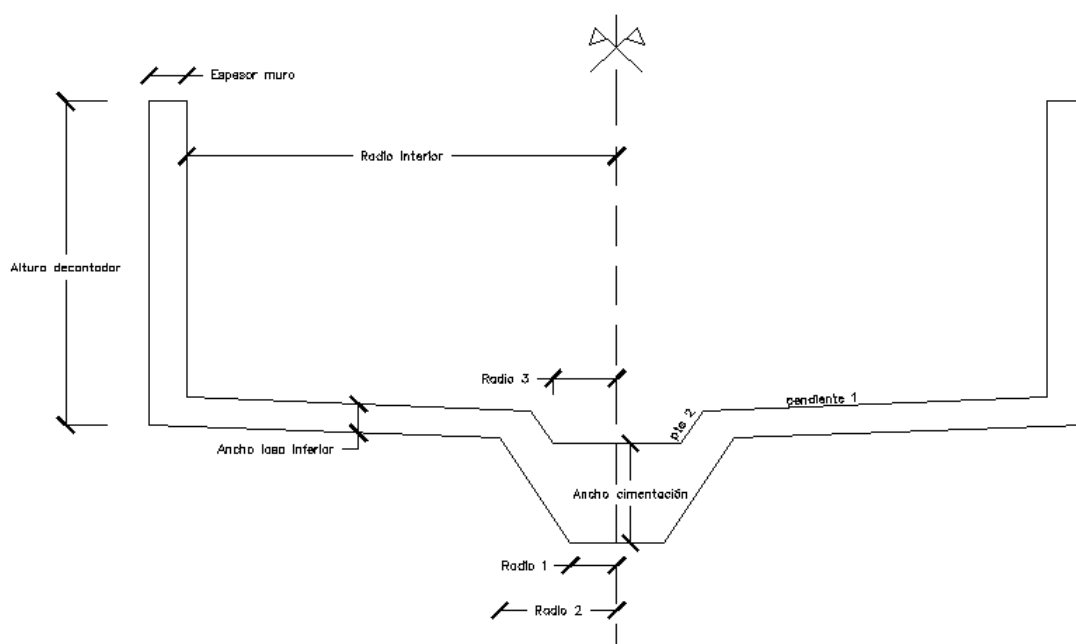
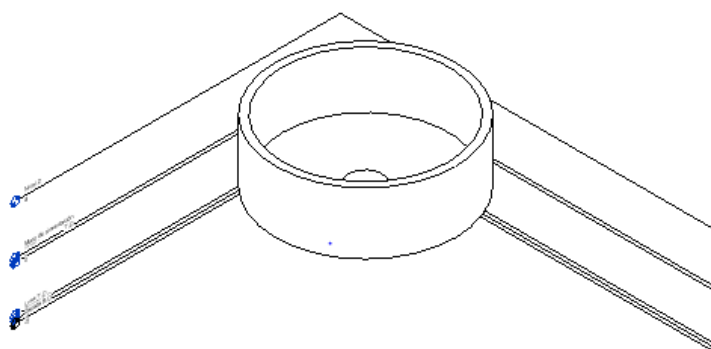


Ilustración 9.- Vaso de un decantador modelado en REVIT



3.2.3 GESTIÓN DE INFORMACIÓN

Por otro lado, la gestión de información es también uno de los puntos más fuertes en DYNAMO. Al generar un modelo, la principal característica que buscamos es poder añadirle toda la información posible para que él mismo sea explicativo sin necesidad de otros datos o archivos. Por lo tanto, generalmente dentro de los

modelos BIM se crea una gran cantidad de información que muchas veces llega a ser complicada de gestionar.

Dentro de DYNAMO podemos acceder a un nodo con el que podemos escribir información en una hoja Excel (Ilustración 10). Además, tenemos otro con el que podemos leer la información que tenemos dentro de las hojas de un fichero Excel (Ilustración 11). Al tener acceso a estas hojas de cálculo, podemos resumir la información que necesitamos en una misma tabla y desde ahí analizarla y modificarla para introducirla otra vez en el modelo.

Ilustración 10.- Nodo para escribir en un fichero Excel

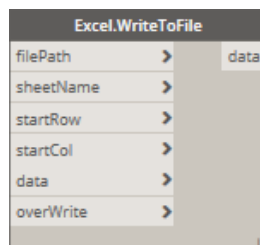
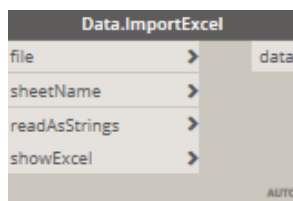


Ilustración 11.- Nodo para leer un fichero Excel



Por ello, esta característica es una de las más importantes de DYNAMO. La gestión de información dentro de un modelo BIM es imprescindible y si con una rutina conseguimos simplificar el proceso de obtención o modificación de la información, vemos que en este apartado el programa nos ofrece una gran ventaja.

3.2.4 OTROS

Por ultimo, señalamos la característica que lo hace un software diferencial dentro del entorno de REVIT y por la cual es la solución a un gran número de problemas. En este apartado hablamos del nodo que posee el programa, Python Script. Con esto podremos acceder a una consola cuyo lenguaje es Python.

Conforme vamos avanzando en la complejidad de las rutinas, de los objetivos que queremos conseguir con DYNAMO, finalmente acabamos llegando a este nodo. Esto es porque en DYNAMO tenemos unos nodos preestablecidos con los que podemos cubrir gran parte de las acciones pero dichos nodos no son modificables y por tanto, son muy estrictos en este sentido. Sin embargo, con un nodo personalizado de Python sí podemos ampliar ese rango de aplicación y generar códigos con los que obtengamos el resultado buscado.

Dada la importancia de este nodo, dedicaremos un apartado completo al lenguaje, la aplicación que tiene sobre REVIT y cómo podemos acceder a dicho nodo.

Otro campo de aplicación de este programa es la comprobación de colisiones o revisiones [22]. Supongamos el caso de que tenemos una serie de conductos de tuberías y queremos que comprobamos que en ningún caso el conducto se encuentra a una altura superior a un límite. Pues con esto podríamos comprobar cuáles estarían por debajo de esa altura límite y corregirlos.

3.3 OTROS SOFTWARES

En este apartado vamos a analizar otras posibles alternativas existentes a este software. Existen multitud de softwares que son compatibles con la tecnología BIM como son Tekla, ArchiCAD, Allplan, AutoCAD CIVIL 3D... Sin embargo, no son tantos los que tienen un complemento que nos sirva para generar rutinas que nos faciliten y agilicen la realización de tareas repetitivas, creación de formas complejas...

Debido a que el trabajo está enfocado hacia este aspecto de automatización de procesos dentro de la tecnología BIM, vamos a hablar sobre otros softwares que también nos permiten conseguir esto. Es muy importante

conocer las distintas aplicaciones que tenemos a disposición ya que cada una puede ofrecernos unas ventajas respecto al resto.

3.3.1 RHINOCEROS

RHINOCEROS, también conocido como RHINO, es un software de modelado 3D. Actualmente sabemos que existen muchos programas enfocados hacia el modelado 3D como pueden ser el propio REVIT, SketchUp, 3DMáx, Catia, ArchiCAD, Allplan... La lista que tenemos es bastante amplia. Pero entonces, ¿por qué hemos escogido analizar este software? Además de ser ampliamente utilizado por empresas que pertenecen al sector de la construcción lo hemos escogido porque podemos enlazarlo con GRASSHOPPER.

RHINO es un software cuyo punto fuerte principal y que lo hace resaltar sobre el resto es el modelado a través de NURBS (non uniform rational B-splines). El modelado 3D a través de estas curvas tiene un gran potencial para el diseño y para una representación más realista. En este aspecto se diferencia de otros softwares como AutoCAD, que en su modelado emplean polígonos. [23]

Ilustración 12.- RHINOCEROS



Por otra parte, debemos señalar que RHINO no es un software BIM. Tenemos un aspecto negativo muy importante que nos debería hacer pensar si merece la pena dedicar nuestro tiempo al aprendizaje de esta herramienta. Sin embargo, no todo termina aquí. Otra de las características más importantes que posee este programa es la interoperabilidad con otros softwares que sí tengan interiorizada la tecnología BIM, y la creación de archivos IFC para poder introducirlos en los flujos de trabajo. Todo esto se consigue a través de los numerosos plugins que dispone esta herramienta como Rhynamo, Lyrebird, GREVIT, Chameleon, VisualArq, RHINO BIM, GeomGym. [24]

3.3.2 GRASSHOPPER

GRASSHOPPER es un software generador de algoritmos que a grandes rasgos podríamos decir que es a RHINO lo que DYNAMO es a REVIT. Este es un programa que nos permite por lo tanto crear rutinas con el objetivo de parametrizar modelos en RHINO, empleando la programación visual. [25]

Ilustración 13.- GRASSHOPPER



En general, es un software fácil de aprender por la cantidad de información disponible y permite la automatización de procesos.

3.3.3 AutoCAD CIVIL 3D & DYNAMO

AutoCAD Civil 3D es un software del fabricante AUTODESK que ha tenido una gran expansión dentro del mundo de la ingeniería civil. Esto es porque está orientado hacia la modelización de obras lineales como el trazado de carreteras, redes de saneamiento, gestión de parcelas, creación de explanaciones... Como vemos, todas estas aplicaciones son comunes en el sector de la ingeniería civil. Además, se caracteriza por ser un software BIM lo que es un aspecto fundamental a día de hoy.

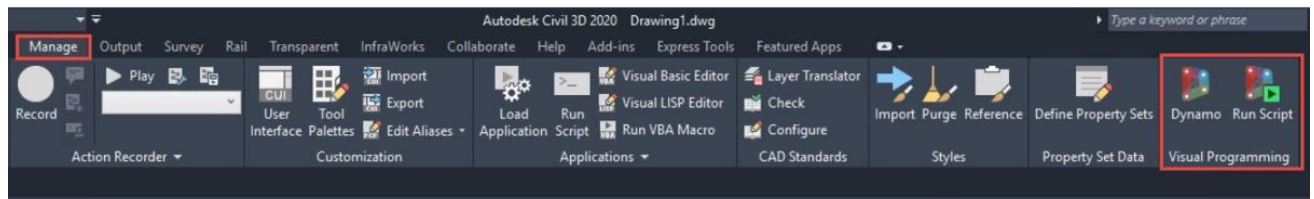
Pero ¿por qué hemos añadido AutoCAD Civil 3D en este apartado? El motivo es que hace poco se dio a conocer la noticia de que DYNAMO pasaría a formar parte de AutoCAD Civil 3D a partir de su versión 2020. Con esto vemos también la importancia que está adquiriendo esta herramienta pues se está extendiendo hacia

otros softwares además de REVIT. En Civil 3D las aplicaciones de DYNAMO serán muy similares a las que tenemos en REVIT pues el objetivo fundamental será la programación y automatización del diseño. Observaremos ciertas diferencias en los nodos con los cuales podemos interactuar con los elementos de Civil 3D, pero la base de funcionamiento es la misma.

Ilustración 14.- AutoCAD Civil 3D



Ilustración 15.- DYNAMO en CIVIL 3D



4 PARÁMETROS DE REVIT

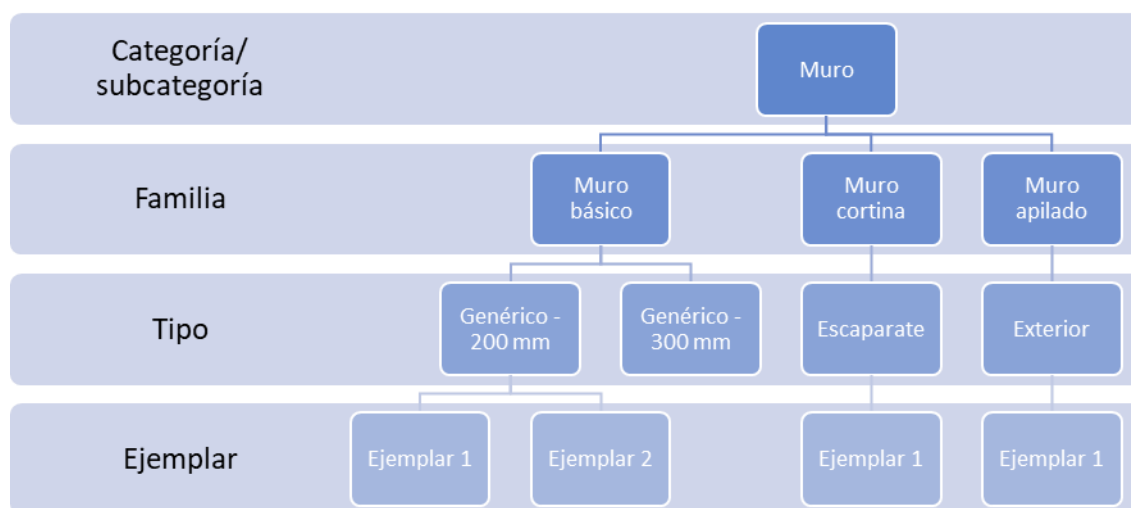
La opción que nos facilita en mayor medida el trabajo de modelado en un proyecto de REVIT es el hecho de que las familias estén parametrizadas y que en caso de no estarlo, tengamos la posibilidad de hacerlo. Por otra parte, esto es lo que le da el galardón de software que permite el trabajo con tecnología BIM. Los parámetros dentro de las familias son los que nos dan la posibilidad de introducir información más allá de la geometría propia del modelo 3D, quedando así un elemento completo y que se define por sí solo únicamente analizando las propiedades que tiene.

A continuación, pasaremos a mostrar cómo podemos acceder a estos parámetros, modificarlos y generar nuevos. Este es uno de los apartados más importantes a la hora de generar las familias paramétricas por lo que es necesario prestarle atención y tener claro el tipo de parámetro que queremos.

Los parámetros que podemos introducir pueden ser texto, longitud, área, volumen, material, imagen... Con todas estas posibilidades cualquier propiedad que estemos interesados en introducir dentro del elemento deseado, puede añadirse sin ningún problema. Por otra parte, los parámetros también pueden crearse para que solo afecten al ejemplar perteneciente a una familia o que afecten a todos los elementos del mismo tipo (pilar arquitectónico rectangular 475x610 mm) y en ese caso sería un parámetro de tipo [26].

En este aspecto es muy importante tener en cuenta la clasificación que establece la herramienta BIM REVIT en cuanto los elementos que contiene. Para ello, hemos elaborado el siguiente esquema en el que podemos analizar cuál es la clasificación (Ilustración 16).

Ilustración 16.- Clasificación de los elementos

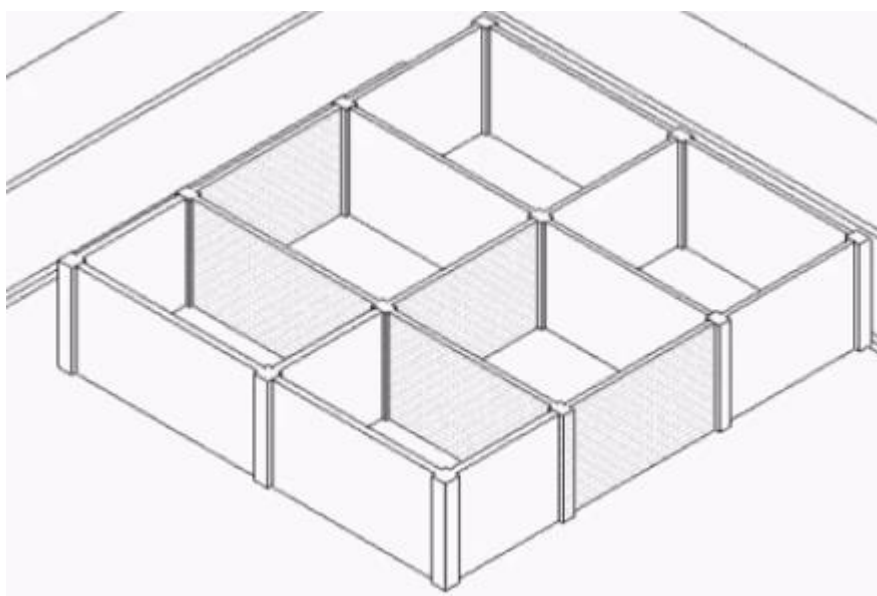


Como podemos ver en el esquema anterior, la organización que se sigue es la siguiente:

- **Categoría.** Las categorías son los grupos generales donde quedan recogidos todos los elementos que encontramos en REVIT. Esta es la primera división que nos encontramos cuando buscamos un elemento concreto. En el ejemplo que hemos desarrollado para generar el esquema, la categoría tiene el nombre de Muro. En este apartado encontraremos por lo tanto todos los muros dentro del proyecto de REVIT.

- Familia. Una vez hemos encontrado la categoría pasamos a un nivel más de detalle. Todas las familias que se engloban dentro de una misma categoría tienen unas características comunes. En este caso, todas las familias comparten la característica de ser detectadas como muros por el programa. Bajo una misma categoría, cada familia es creada con un conjunto de parámetros que la define,[27]. De acuerdo con [28], una familia es conjunto de elementos que comparten unos parámetros y usos comunes y que quedan englobados en una categoría.
- Tipo. El siguiente escalón que nos encontramos son los tipos de familia. Las familias se duplican para dar lugar a elementos con diferentes características como pueden ser las dimensiones u otro aspecto distintivo (material, acabado exterior...). De esta forma surgen los tipos, que vuelve a ser un conjunto de elementos que mantienen características comunes, pero se diferencia de otros que se encuentran en la misma familia. Un ejemplo de ello es el muro Genérico – 200mm y el Genérico – 300mm. Ambos tipos de muro pueden coincidir en varias características, pero existe una que es diferencial, el espesor del muro.
- Ejemplar. Estos son los elementos que colocamos y visualizamos en nuestro proyecto de REVIT. Al igual que los tipos, los ejemplares pueden compartir características (dimensiones, material...). Por otro lado, también tienen características que los hacen diferentes del resto (fecha de ejecución). Bajo un mismo tipo puedo generar varios ejemplares que serán distintos entre sí (ver Ilustración 17).

Ilustración 17.- Ejemplares de muros y pilares



Haciendo referencia a lo que se comentó antes sobre tener claro el tipo de parámetro, el software nos ofrece también varias posibilidades. Atendiendo a la información que tenemos en [29], pasamos ahora a describir los parámetros que tenemos en REVIT 2019. Para poder manejarlos, podemos acceder a ellos desde la ficha Gestionar en el grupo de Configuración. Más tarde, en cada apartado pasaremos a describir concretamente el proceso a seguir para poder acceder a cada tipo de parámetros y cómo poder crearlos.

Por otra parte, según [30] los parámetros se dividen en cuatro tipos, pero consideramos importante añadir también los parámetros de sistema como hace [29] para así distinguirlos del resto al tener unas propiedades diferentes.

Tras describir los tipos de parámetros, pasaremos a definir los diferentes datos de parámetros que pueden incluir, siendo este apartado común para todos.

4.1 TIPOS DE PARÁMETROS

El software que estamos estudiando nos ofrece una gran variedad de parámetro con los cuáles podemos introducir información a cada elemento, además de otros usos como puede ser controlar con un único parámetro unas dimensiones que queremos que tengan unos elementos. Cada tipo de parámetro tiene una característica concreta y hay que saber qué necesitamos en cada caso y cuál es el más adecuado para nuestro objetivo. Como vamos a comprobar, las utilidades ofrecidas entre todos son variadas y ofrecen un gran número de posibilidades de aplicación. El uso y la adaptación de estos tipos de parámetros al resultado que buscamos depende de imaginación que empleemos. Es importante siempre tener una visión general del proyecto a la hora de crear estos parámetros para evitar problemas de coordinación entre distintas disciplinas.

4.1.1 PARÁMETROS DE SISTEMA

Estos tipos de parámetros, como el propio nombre indica, son parámetros que ya vienen incluidos dentro del sistema por defecto. Estos son los que aparecen nada más arrancar el programa, cuando colocamos un elemento concreto. Un ejemplo de estos lo podemos ver en la Ilustración 18, que son los que tenemos al crear un pilar estructural.

Ilustración 18- Parámetros de sistema

Propiedades

UC-Perfil universal-Pilar
305x305x97UC

Nuevo Pilares estructu... Editar tipo

Restricciones

Se mueve con... ☒

Materiales y acabados

Material estructu... Acero, 45-345

Estructura

Conexión de p... Ninguno

Conexión de b... Ninguno

Activar model... ☒

Cotas

Propiedades de tipo

Familia: UC-Perfil universal-Pilar

Tipo: 305x305x97UC

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Estructura	
W	0.000000
Ix	0.000000
Iy	96.900000
A nominal	305
Zx	0.000000
Ay	123.000 m²
Forma de sección	Sin definir
Cotas	
b	305.3
h	307.9
r	15.2
s	9.9
t	15.4
Datos de identidad	
Clave de nombre de sección	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	
Código de montaje	
Costo	
Imagen de tipo	
Descripción de montaje	
Marca de tipo	

¿Qué hacen estas propiedades?

<< Vista previa

Aceptar Cancelar Aplicar

Estos parámetros son útiles ya que nos indican en este caso el material, volumen, nivel superior, nivel inferior... Cabe destacar que cada familia incluye unos parámetros de sistema y por ello, cuando generamos el pilar anterior dentro de las propiedades tenemos el área. Sin embargo, cuando creamos un pilar arquitectónico rectangular de 475x610 mm, esta propiedad no nos aparece como parámetro. Esto hay que tenerlo presente cuando trabajamos con familias diferentes ya que podemos estar esperando parámetros que realmente no tenemos definidos en el proyecto.

Lo que caracteriza a estos parámetros es que no pueden ser borrados ni creados, pueden aparecer en tablas de planificación (son de gran utilidad para agrupar información) y pueden ser etiquetados. La característica principal es que no pueden borrarse y es lo que los diferencia del resto. Cuando acabamos de abrir un proyecto, sin haber generado ningún tipo de parámetro nuevo, los que tenemos son los parámetros de sistema. Por otra parte, cuando hayamos generado algún parámetro nuevo sabremos cuáles son los parámetros del sistema porque estos no pueden ser eliminados.

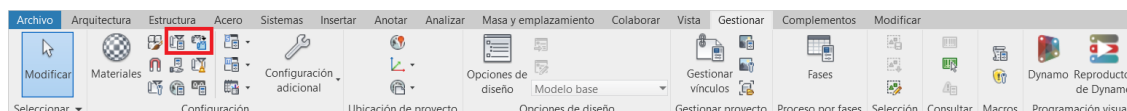
Para este caso no podemos mostrar el proceso de generación porque como hemos mencionado anteriormente, estos parámetros no pueden ser creados por el usuario. Sin embargo, si hemos podido ver cómo podemos

acceder a ellos a través de la paleta de propiedades (Ilustración 18).

4.1.2 PARÁMETROS DE PROYECTO

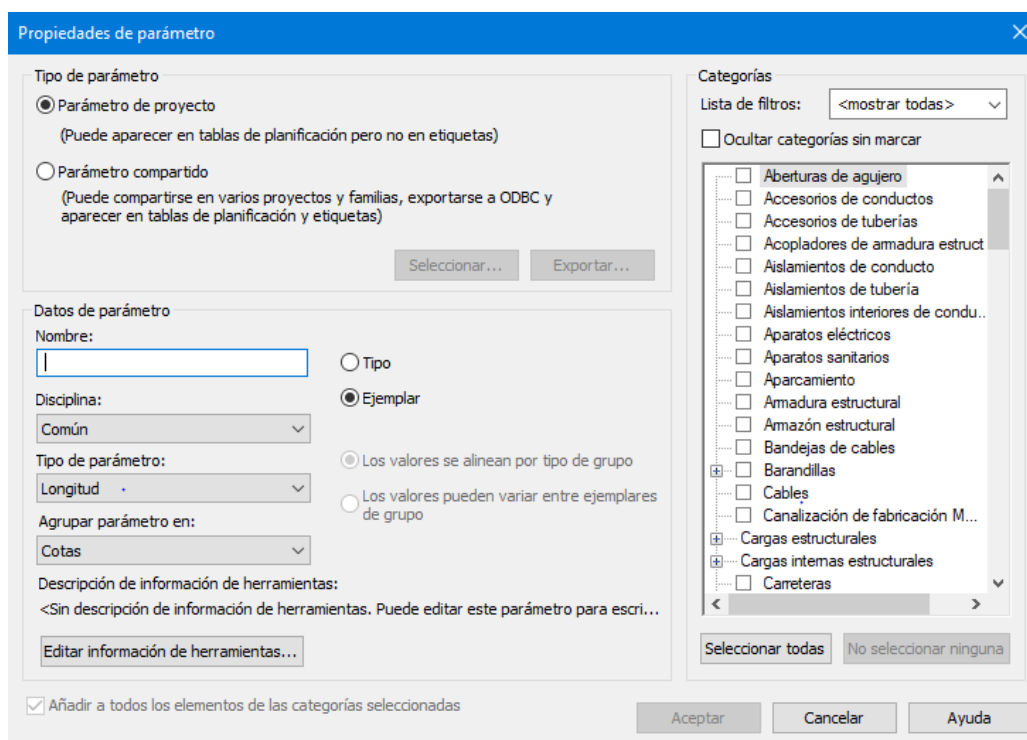
Estos parámetros los crea el usuario cuando está trabajando en el proyecto de REVIT y, por tanto, solo se pueden crear dentro de ese proyecto, aunque luego permitan transferirlo a otro proyecto mediante la herramienta transferir normas de proyecto que tenemos en el apartado Gestionar, dentro de la ficha Configuración (Ilustración 19).

Ilustración 19- Parámetros de proyecto



Cuando se generan, tenemos que indicar las categorías a las cuáles queremos aplicarle este parámetro, pero dentro del proyecto. De esta forma, este parámetro solo quedará asignado a las categorías que establezcamos y una vez salgamos del proyecto de REVIT en el que estamos trabajando, los parámetros desaparecerán. La ventana que se nos abre cuando estamos generando un parámetro de proyecto es la que vemos en la Ilustración 20, donde en la parte superior tenemos señalado Parámetro de proyecto.

Ilustración 20- Parámetro de proyecto



Como podemos ver, estos parámetros no pueden ser etiquetados. Sin embargo, sí que pueden aparecer dentro de las tablas de planificación. En el apartado de Datos de parámetros nos aparecen más campos que podemos rellenar para establecer sus características. Además, también podemos seleccionar si queremos que sea un parámetro de ejemplar o de tipo. Este apartado los describiremos en el punto Datos del parámetro donde analizaremos detenidamente todas las opciones posibles que tenemos para añadir información a los parámetros. Por último, tenemos a la derecha todas las categorías presentes en el proyecto. Aquí podemos aplicar un filtro según si queremos las categorías referentes a Arquitectura, Estructura, Mecánica, Electricidad y Fontanería.

Por otra parte, vemos que podríamos generar también un parámetro compartido habiendo accedido a la parte correspondientes a parámetros de proyecto. Esto es porque el algún caso como, por ejemplo, cuando con un mismo modelo trabajan varios equipos, nos podría interesar tener como parámetro de proyecto un parámetro compartido. Pero esta parte la analizaremos en el apartado Parámetros compartidos.

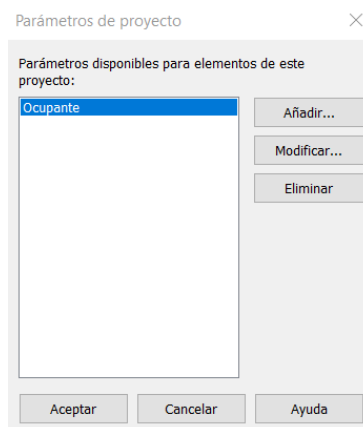
Según [30], “los parámetros de proyecto pueden usarse en tablas de planificación, para clasificación y para filtros en un proyecto”.

4.1.2.1 Creación de parámetros de Proyecto

Para crear un parámetro de proyecto, en primer lugar, debemos tener abierto el proyecto en el cual queremos introducir el parámetro y que así quede asignado a los elementos que nos interesan. La casilla que nos permite acceder a este tipo de parámetros en las que aparece señalada en la Ilustración 19, donde al dejar el puntero sobre ella nos aparece un cuadro con el texto Parámetro de proyecto.

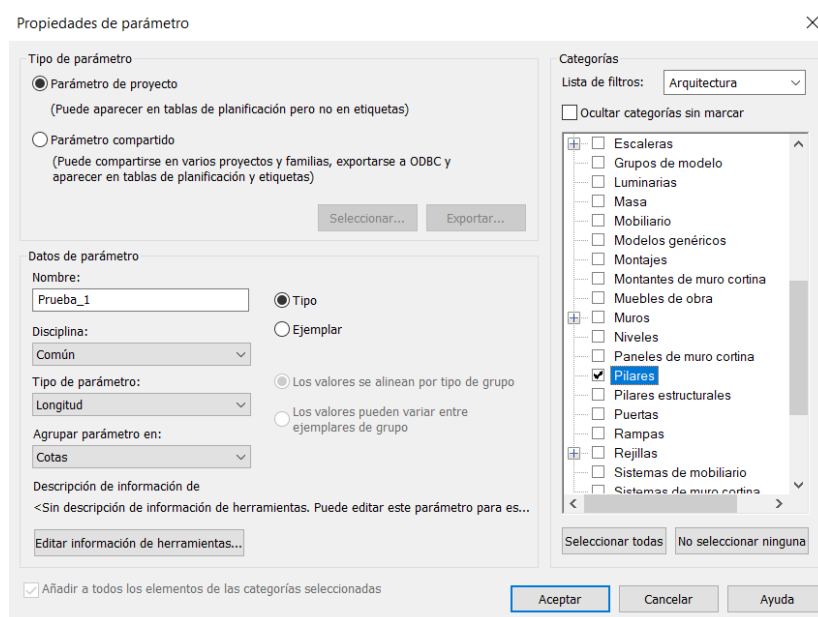
Una vez visto donde se encuentran, pasamos a describir el proceso de creación. Al hacer clic sobre la casilla, nos aparece una ventana emergente en la que tenemos los parámetros disponibles (Ilustración 21). Dentro de esta ventana, para poder generar un nuevo parámetro debemos hacer clic en Añadir...

Ilustración 21- Parámetros de proyecto



El siguiente paso es la introducción de los datos, para los cuales reservaremos un apartado concreto para poder analizar detalladamente todos los datos que podemos introducir. Cuando estamos añadiendo el nombre de este nuevo parámetro tenemos que prestar atención en no incluir un guion (-) en el nombre para se puede detectar, según [31]. A continuación, se muestra en la Ilustración 22 un ejemplo mediante el cual estamos generando un parámetro de tipo cuyo nombre es Prueba_1, asignado a la categoría pilares.

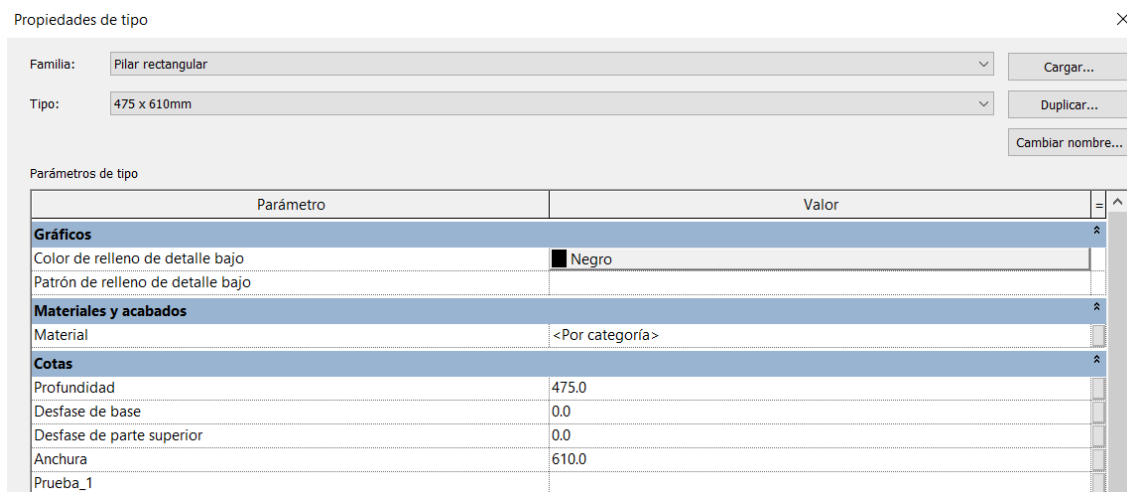
Ilustración 22- Creación de parámetro de proyecto



El proceso a seguir para generar cada parámetro es repetitivo ya que siempre es igual salvo que cambiaremos los datos y la categoría a la que está asociado según el caso.

Por último, podemos comprobar que el parámetro ha sido creado satisfactoriamente dentro del proyecto de REVIT. Para ello, empezamos creando un elemento que pertenezca a la categoría a la cual le hemos asignado el parámetro que en este caso ha sido la de pilares (correspondiente a pilares arquitectónicos). Una vez seleccionado el elemento, podemos ver que Prueba_1 aparece dentro del apartado de Cotas (Ilustración 23), cuando seleccionamos la opción Editar tipo que nos aparece en la ventana de propiedades del elemento. En el caso de que hubiéramos asignado el parámetro como parámetro de ejemplar, entonces nos aparecería dentro de la ficha de propiedades al ser propio de cada pilar. En ese caso no lo podríamos buscar en la ventana de Editar tipo porque no sería una propiedad del tipo de pilares que estamos generando, sino que sería específico de cada pilar.

Ilustración 23- Comprobación

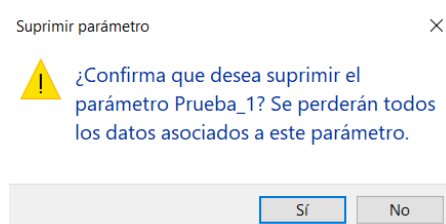


Con esto ya podemos concluir el apartado correspondiente a parámetros de proyecto, sabiendo las características más importantes de los mismos, cómo crearlos y dónde podemos usarlos.

4.1.2.2 Suprimir parámetro de Proyecto

En el caso de que queramos eliminar un parámetro de proyecto porque hayamos cometido algún error, por ejemplo, debemos acudir de nuevo a la casilla de parámetros de proyecto. Una vez dentro, solo nos quedaría localizar el que queremos descartar y seleccionar Eliminar. Una vez realizado este paso, nos aparecerá el siguiente cuadro en el que nos indica el tratamiento que tendrá la información que habíamos incluido dentro de ese parámetro. Como vemos en la Ilustración 24, en este caso perderemos todos los datos.

Ilustración 24- Suprimir parámetro de proyecto



4.1.3 PARÁMETROS COMPARTIDOS

Los parámetros compartidos son los que se puede emplear en varios proyectos y familias. Estos parámetros son de gran importancia saber manejarlos apropiadamente y tener una buena organización con ellos. En el caso de que estemos trabajando a la vez con varios proyectos que están relacionados, pueden generarse parámetros que tengan la misma utilidad, pero al no estar bajo el mismo parámetro compartido lo tengamos repetido varias veces. Si nos ocurriese esto con un gran número de parámetros, entonces sería complicado o al menos tomaría tiempo aclarar la situación. Los parámetros compartidos vienen a solventar estos problemas de organización de la información y nos permiten trabajar con varios modelos compartiendo los mismos parámetros. Otro aspecto a destacar de este tipo es que la información que creamos en cada proyecto bajo el mismo parámetro compartido no está relacionada entre dos proyectos o familias distintas [32]. Por lo tanto,

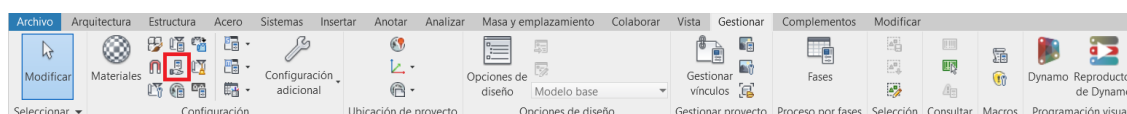
cuando estamos usando estos parámetros en un proyecto y lo llevamos a otro, lo que estamos transfiriendo son las propiedades de los parámetros compartidos, no la información que llevan asociada a los elementos del modelo. Este aspecto es muy importante si se le puede extraer mucho potencial siendo capaces de gestionarlos adecuadamente.

Los parámetros compartidos generan un archivo con formato .txt en el que queda recogida toda la información. Por ello, cuando estemos trabajando en un proyecto común con un equipo multidisciplinar sería conveniente que cualquier persona que pueda participar en ese proyecto cargue, antes de comenzar, este documento. Por ejemplo, sería una situación similar a trabajar con referencias externas en AutoCAD Civil 3D.

4.1.3.1 Creación de parámetros compartidos

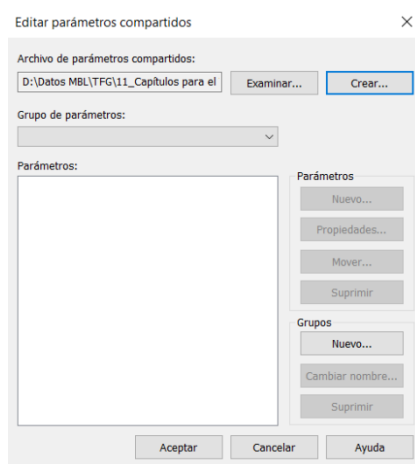
La casilla que nos da el acceso a estos parámetros se vuelve a encontrar en la ventana Gestionar, dentro de la ficha Configuración como podemos ver en la Ilustración 25. Dejando el puntero sobre esta casilla nos aparece un texto donde incluye Parámetros compartidos.

Ilustración 25- Parámetros compartidos



Cuando accedemos a esta casilla, nos aparece una ventana emergente (Ilustración 26) en la que podemos ver los parámetros compartidos que tenemos.

Ilustración 26- Creación de parámetros compartidos



Antes de crear los parámetros, debemos seleccionar un archivo txt donde queremos que se guarden los datos correspondientes a estos parámetros, o en el que tengamos los datos de parámetros compartidos generados anteriormente, o directamente podemos crear un archivo nuevo. Una vez hecho esto, lo primero que debemos hacer es crear un grupo de parámetros compartidos que contendrá varios parámetros. Por último, creamos el parámetro. La ventana que nos aparece es la tenemos en la Ilustración 27. Si hacemos clic en Editar información de herramientas... podemos añadir una pequeña descripción del parámetro que luego nos aparecerá en el archivo de parámetros compartidos.

Ilustración 27- Parámetros compartidos

Como vemos, este cuadro nuevo que nos aparece es muy similar al que teníamos cuando generábamos un parámetro de proyecto. La diferencia es que en este caso no podemos elegir si el parámetro es de tipo o de ejemplar y tampoco podemos elegir la categoría en la que podemos asignarlo. Para ello, debemos seleccionar la casilla Parámetro de proyecto y seleccionar la opción Parámetro compartido y entonces en esa ventana ya sí podemos asignarlo a una categoría concreta y decir si es de tipo o de ejemplar (Ilustración 28). Se lo podemos asignar tanto a una familia como a un proyecto y en ese caso si podremos seleccionar estas propiedades del parámetro [33]. Para terminar, podemos ver que los parámetros se han añadido si seleccionamos un elemento y analizamos las Propiedades o accedemos al apartado de Editar tipo.

Ilustración 28- Asignar parámetro compartido a categorías

Por otra parte, cabe destacar que, como dice [29], “el parámetro compartido sirve para trasladar la información paramétrica de un archivo de familia a uno de proyecto”. Cuando tengamos un parámetro que no podamos mostrar en la tabla de planificación, por ejemplo, tenemos la opción de convertirlo a parámetro compartido y en ese caso ya sí podremos verlo.

4.1.3.2 Formato del archivo .txt

En este apartado vamos a analizar el formato que tendrá el archivo generado a partir de la creación de los parámetros compartidos. Si lo abrimos, aparece como lo vemos en la Ilustración 29.

Ilustración 29- Formato del archivo .txt

```

Shared parameter: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
# This is a Revit shared parameter file.
# Do not edit manually.
*META VERSION MINVERSION
META 2 1
*GROUP ID NAME
GROUP 1 Prueba
*PARAM GUID NAME DATATYPE DATACATEGORY GROUP VISIBLE DESCRIPTION USERMODIFIABLE
PARAM a372b12a-2dac-48d1-936a-4df2f4ef394b Prueba LENGTH 1 1 1
PARAM 6c57a845-aef4-41f3-94d6-fd0111886150 Prueba_2 FORCE 1 1 1
PARAM 3c346f4a-5c74-4ab0-beb2-b9bb455ab0bb Prueba_3 LENGTH 1 1 Parámetro de prueba 1
  
```


Dentro de este archivo vemos que tenemos los siguientes apartados atendiendo a la información proporcionada por [29],

- Group: es el grupo que habíamos creado para poder empezar a introducir parámetros.
- ID: identificador del grupo.
- Name: nombre del grupo.
- Param: se refiere al parámetro, al parámetro que habíamos generado dentro del grupo.
- GUID: se refiere al identificador del parámetro. Es esencial para poder identificar el parámetro.
- Name: nombre del parámetro que habíamos establecido.
- Datatype: es el tipo de parámetro que hemos elegido cuando lo hemos generado.
- Datacategory: es la categoría de los datos.
- Group: hace referencia al grupo al que pertenece el parámetro y para ello usa el ID del grupo.
- Visible: indica si el parámetro es visible o no. Por defecto es 1, por lo que sí es visible.
- Description: se refiere a la descripción del parámetro compartido. Podría resultar interesante añadirla.
- Usermodifiable: para indicar si se puede modificar o no por el usuario. El número 1 indica que sí es modificable.

4.1.3.3 Exportar parámetros compartidos a un archivo de parámetros compartidos

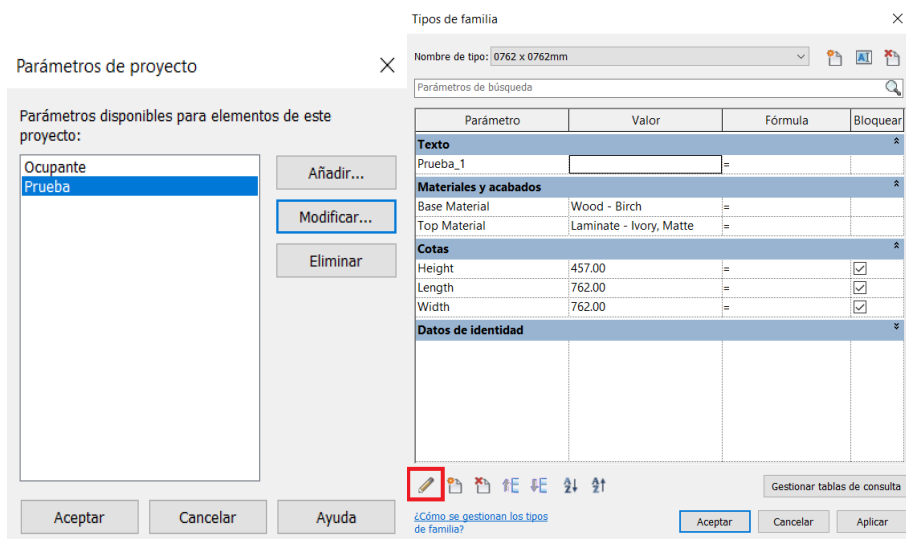
Como hemos mencionado antes, los parámetros compartidos funcionan a través de un archivo .txt en el que se recoge toda la información correspondiente a dichos parámetros. En algunas ocasiones, puede darse el caso de que estemos trabajando con dos archivos de parámetros compartidos distintos. Para poder trabajar con una mayor organización sería conveniente tener todos los parámetros dentro de un mismo archivo de trabajo y, por lo tanto, que tengamos que exportar unos parámetros compartidos de un archivo a otro. Para ello surge este punto y es que el objetivo es tener finalmente toda la información de los parámetros en un mismo archivo, siendo por tanto más manejable.

Para poder exportarlo, primero hay que tener en cuenta que el parámetro compartido cuya información queremos exportar no puede estar incluido en el mismo archivo de trabajo tenemos dentro del proyecto o dentro del editor de familias, de acuerdo con [34].

Tanto desde el editor de familias como desde el módulo de proyectos de REVIT, el proceso para exportar la información es prácticamente el mismo. De esta forma, analizaremos los pasos a seguir desde ambas partes.

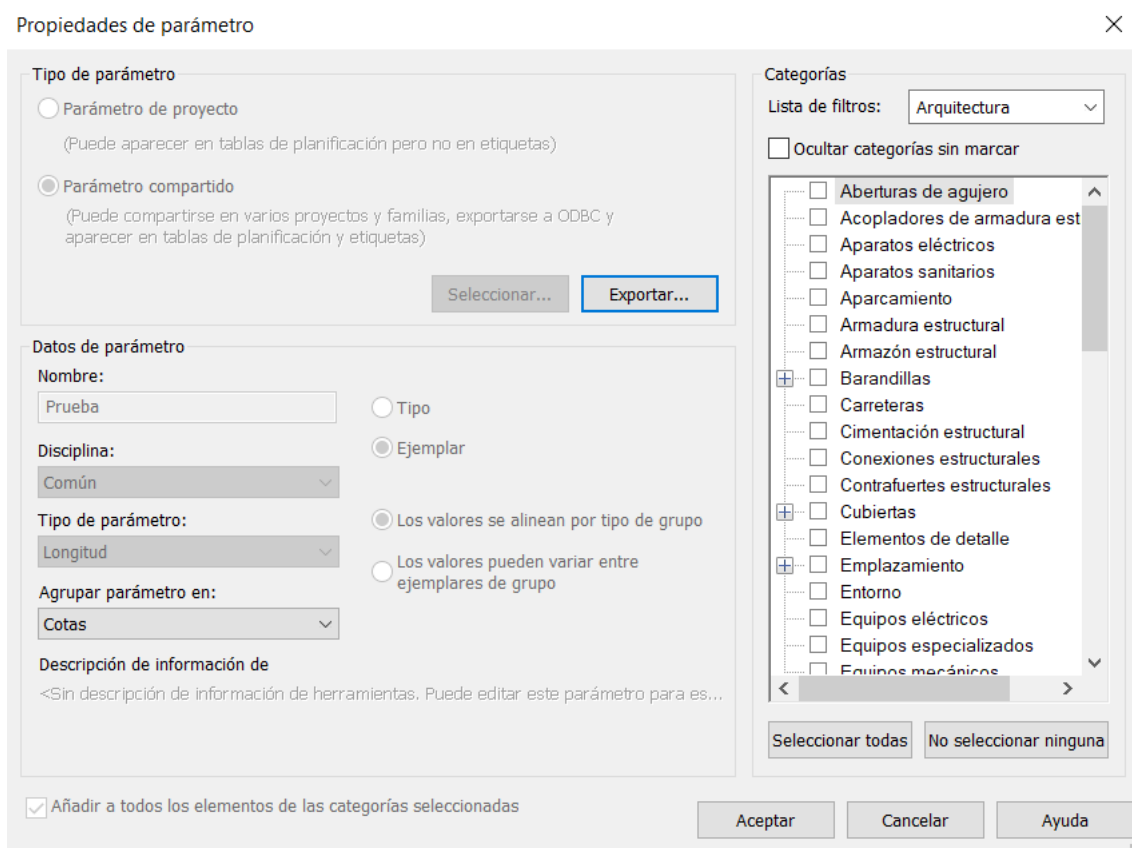
En primer lugar, debemos cambiar el archivo de parámetros compartidos que tiene asignado el programa para poder así enviar la información a otro archivo. Una vez hecho esto, pasamos ahora a localizar el parámetro que queremos exportar. Como este debe estar incluido dentro de proyecto o la familia, tenemos que irnos a la casilla Parámetros de proyecto (Tipos de familia si nos encontramos en el editor de familias) y seleccionar el parámetro que queremos guardar. Una vez seleccionado, tenemos que hacer clic en la casilla Modificar... (o en editar parámetro si es el editor de familias) como vemos en la Ilustración 30.

Ilustración 30- Exportar parámetros compartidos



Tras este paso, nos aparece una nueva ventana que en ambos casos es prácticamente idéntica (si estamos en el editor de familias no nos aparecen las categorías). Para exportar, hacemos clic sobre la casilla Exportar... como vemos en la Ilustración 31 y así nos aparecería dentro del archivo .txt este nuevo parámetro para así poder tenerlos todos dentro de un mismo archivo.

Ilustración 31- Exportar parámetros compartidos



4.1.3.4 Añadir parámetro compartido a una familia

Para añadir el parámetro compartido a una familia concreta, en primer lugar, debemos empezar abriendo esa familia en el Editor de familias de REVIT. Cualquier familia es válida para poder realizar el ejemplo.

A continuación, debemos ir a la ventana Gestionar, dentro de la ficha Configuración y en la casilla de Parámetros compartidos añadir el archivo de parámetros compartidos o crear uno nuevo como hemos mencionado en el apartado Creación de parámetros compartidos. Con esto, ya habremos cargado en el editor

de familias todos los parámetros que teníamos definidos. Una vez añadidos, podemos introducirlo en la nueva familia.

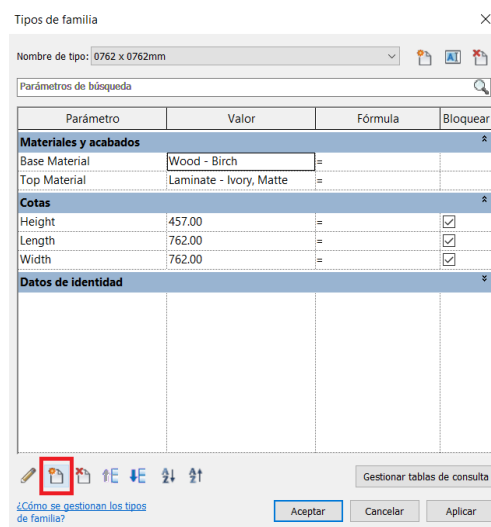
Para poder introducirlo, vamos a la ventana Crear y dentro de la ficha Propiedades, seleccionamos la casilla Tipos de familia (Ilustración 32).

Ilustración 32- Editor de familias



Una vez realizado este paso, nos aparece una nueva ventana en la que tenemos las propiedades que vienen por defecto de la familia que estamos editando. Aquí aparecen los valores establecidos de los parámetros que existen en dicha familia, si siguen alguna fórmula y si se pueden bloquear o no. Pero, además, en la parte inferior tenemos la opción de añadir nuevos parámetros a dicha familia como vemos en la Ilustración 33. A la derecha de añadir tenemos la opción de editarlo, donde podemos cambiar el parámetro por otro o incluso podemos modificarlo (si es compartido solo podemos modificar el grupo donde queremos que aparezca el parámetro).

Ilustración 33- Tipos de familia



Accediendo a este apartado de añadir un nuevo parámetro, se nos vuelve a abrir una ventana que es similar a la que teníamos en el módulo de proyectos de REVIT. Sin embargo, en este caso en vez de parámetro de proyecto aparece la opción de parámetro de familia. Esto es porque como comentamos anteriormente, un parámetro de proyecto solo puede ser creado dentro del módulo de proyectos de REVIT mientras que uno de familias solo puede ser creado en el editor de familias. Tal y como esperábamos, en la Ilustración 34 vemos que a este parámetro compartido generado podemos asignarle si es de tipo o ejemplar.

Ilustración 34- Añadir nuevo parámetro

Propiedades de parámetro

Tipo de parámetro

☐ Parámetro de familia
(No puede aparecer en tablas de planificación o etiquetas)

☒ Parámetro compartido
(Puede compartirse en varios proyectos y familias, exportarse a ODBC y aparecer en tablas de planificación y etiquetas)

Seleccionar... Exportar...

Datos de parámetro

Nombre: Prueba

Disciplina: Común

Tipo de parámetro: Longitud

Agrupar parámetro en: Cotas

Descripción de información de

<Sin descripción de información de herramientas. Puede editar este parámet...

¿Cómo se crean los parámetros de familia?

Aceptar Cancelar

Por último, nos interesaría llevarnos a esta familia con su parámetro incluido al proyecto de REVIT para que pueda interaccionar con el resto de los elementos. Para ello, solo nos quedaría cargar la familia en el proyecto con la casilla que tenemos en la ventana Crear, dentro de la ficha Editor de familias [35].

4.1.3.5 Suprimir parámetro compartido

Para poder eliminar estos parámetros, volvemos a acceder a la ventana de Parámetros compartidos (Ilustración 35). Aquí vemos que podemos seleccionar cualquier casilla mientras que antes, cuando no teníamos creado ningún parámetro, solo podíamos seleccionar la casilla Nuevo... Para suprimirlo, solo tenemos que seleccionar la casilla suprimir. Si queremos eliminar el grupo, nos aparece un aviso en el que nos dice que, para suprimir un grupo, si este no está vacío, primero tenemos que eliminar los parámetros que contiene el grupo o moverlos de grupo.

Ilustración 35- Suprimir parámetro compartido

Editar parámetros compartidos

Archivo de parámetros compartidos:

D:\Datos MBL\TFG\11_Capítulos para el

Examinar... Crear...

Grupo de parámetros:

Prueba

Parámetros:

Prueba

Parámetros

Nuevo...

Propiedades...

Mover...

Suprimir

Grupos

Nuevo...

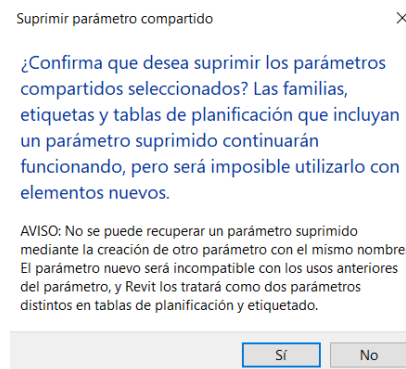
Cambiar nombre...

Suprimir

Aceptar Cancelar Ayuda

Una vez hecho esto, vemos que nos aparece un nuevo cuadro de diálogo. Es importante especialmente prestar atención a este aviso pues puede evitarnos cometer fallos inesperados con el tratamiento de la información que incluyen los parámetros. Como podemos ver en la Ilustración 36, al suprimir un parámetro y luego volver a crear otro con el mismo nombre, el software los detecta como diferentes parámetros [36].

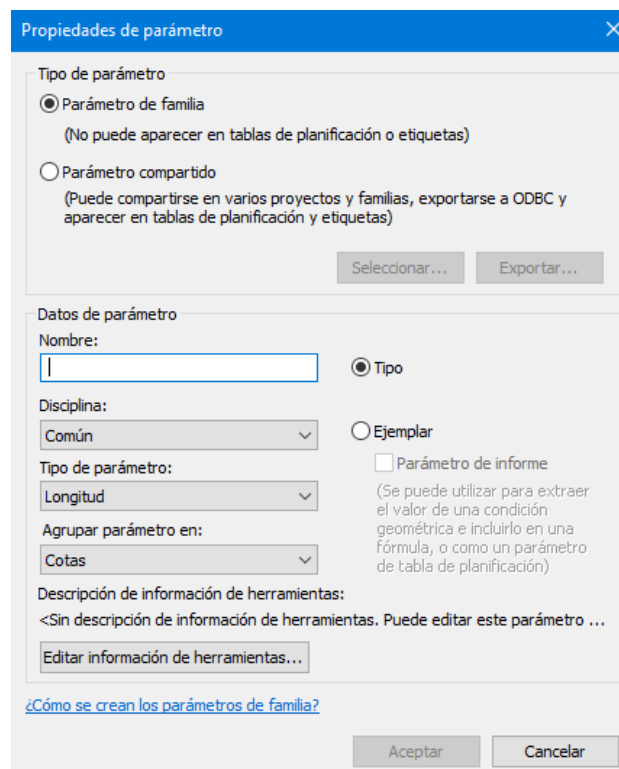
Ilustración 36- Suprimir parámetro compartido



4.1.4 PARÁMETROS DE FAMILIA

Estos parámetros tienen una limitación muy importante ya que solo pueden crearse si nos encontramos dentro del editor de familias, no cuando estamos en el proyecto. Por ello, para acceder a este tipo de parámetros y poder crear nuevos primero debemos abrir el editor de familias. En este caso, al añadir un nuevo parámetro nos aparece parámetro de familia en vez de parámetro de proyecto (saldría si estuviéramos dentro del proyecto), como podemos ver en la Ilustración 37.

Ilustración 37- Parámetros de familia



Sabiendo esta información, tenemos además que los parámetros de familia no pueden etiquetarse ni pueden aparecer en tablas de planificación [29].

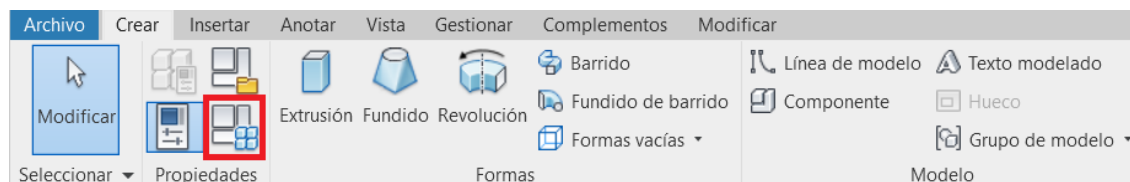
Como hemos visto, la información que tenemos que añadir para generar el parámetro es muy similar a la que necesitábamos para un parámetro de proyecto. Esto es porque ambos son parecidos con la diferencia de que cada uno solo puede crearse en un módulo de REVIT. Estos parámetros nos identifican propiedades dentro de una familia concreta que es la que estamos editando quedando el resto de las familias inalteradas [30]. Por lo tanto, este aspecto sí puede sernos útil cuando no queremos tener parámetros innecesarios en algunas familias.

4.1.4.1 Creación de parámetros de familia

Para crear un parámetro de familia, en primer lugar, debemos acceder al editor de familias como hemos mencionado anteriormente y abrir la familia a la cual deseamos añadir ese parámetro. El proceso que vamos a seguir es muy similar al del apartado Añadir parámetro compartido a una familia.

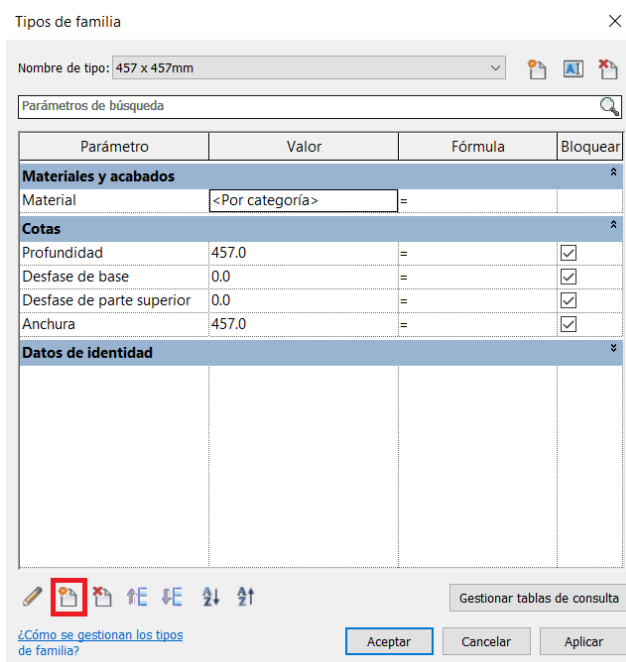
Una vez hecho este paso, ya podemos crear el parámetro que nos interese. Abriendo la ventana Crear, en la pestaña de Propiedades tenemos la casilla de Tipos de familia como vemos en la Ilustración 38.

Ilustración 38- Crear parámetro de familia



Accediendo a este apartado nos aparece una nueva ventana, en la que se encuentran los parámetros existentes en la familia que estamos editando. La casilla que nos interesa para crear estos parámetros nuevos es la que se encuentra señalada en la Ilustración 39.

Ilustración 39- Tipos de familia



Haciendo clic sobre esa casilla ya podemos crear el parámetro con las propiedades que deseamos. La nueva ventana que aparece es la que tenemos en la Ilustración 37.

De esta forma ya lo habríamos generado y podríamos ver que aparece en la ventana de la casilla Tipos de familia. De acuerdo con [37], los nuevos parámetros generados se van colocando por orden alfabético dentro del grupo donde hemos elegido colocar el parámetro. Como podemos ver en la Ilustración 40, aparece el nuevo parámetro dentro de las propiedades de la familia.

Ilustración 40- Nuevo parámetro de familia

Tipos de familia

Nombre de tipo: 457 x 457mm

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula	Bloquear
Materiales y acabados			
Material	<Por categoría>	=	
Cotas			
Profundidad	457.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Desfase de base	0.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Desfase de parte superior	0.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Anchura	457.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Datos			
Prueba	0.0	=	<input type="checkbox"/>
Datos de identidad			

¿Cómo se gestionan los tipos de familia?

Aceptar Cancelar Aplicar

4.1.4.2 Suprimir parámetro de familia

Para suprimir el parámetro de familia solo necesitamos acceder a la casilla que se encuentra a la derecha de la de Nuevo parámetro (Ilustración 39). Luego nos aparecerá una nueva ventana en la que confirmamos la eliminación del parámetro y ya con esto quedaría finalizado este apartado.

4.1.5 PARÁMETROS GLOBALES

Estos parámetros vuelven a ser generados por el usuario y, en este caso, dentro del proyecto y no dentro del editor de familias. Son parámetros que aparecieron en la versión 2016 release 2 [29], por lo que solo en versiones posteriores a esta los podremos encontrar. Los parámetros globales pueden aplicarse a múltiples categorías, a las familias, a las cotas y meterlos en fórmulas. La ventana que nos aparece cuando estamos creando un nuevo parámetro global es la que tenemos en la Ilustración 41.

Ilustración 41- Parámetros globales

Propiedades de parámetros globales

Nombre:

Disciplina:

Común

Tipo de parámetro:

Longitud

Agrupar parámetro en:

Cotas

Descripción de información de herramientas:

<Sin descripción de información de herramientas. Puede editar est...>

Editar información de herramientas...

¿Cómo se crean los parámetros globales?

Aceptar Cancelar

Este parámetro nos sirve, por ejemplo, para que una cota a la que le asignemos este parámetro global tome dicho valor y cambie en función del valor que le asignemos al parámetro global. Esto puede resultar muy útil cuando tenemos varios elementos de los cuales queremos que una cota se mantenga igual en todos.

Hay que tener en cuenta que cuando le asignemos este parámetro a algunas dimensiones, para modificarlo tendremos que acceder a él desde la pestaña Gestionar, ficha Configuración y aquí seleccionar la casilla parámetros globales.

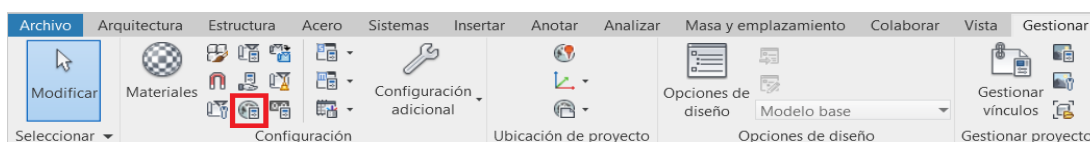
Por ello, podríamos concluir que este parámetro es útil establecerlo cuando tenemos muchos valores repetitivos y que en caso de no asignarle a ese valor un parámetro global tendríamos que ir modificándolo uno a uno. Al meterlo para esa dimensión, para que todos se modifiquen solo tenemos que cambiar el valor del parámetro global.

Atendiendo a la información que nos proporciona [38], tenemos también que estos parámetros pueden usarse en ecuaciones de parámetros globales, para asociarlo a parámetros de proyecto de tipo o de ejemplar y así poder manejarlo como parámetro global.

4.1.5.1 Creación de parámetros globales

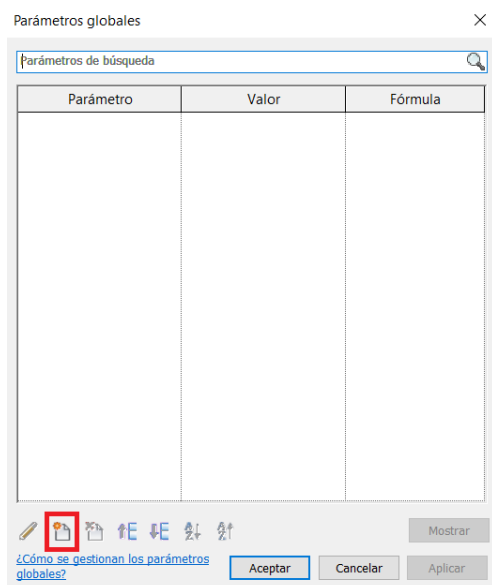
Para crear un parámetro global, primero debemos abrir el módulo de proyectos de REVIT. Una vez hecho esto, vamos a Gestionar y en la ficha Configuración hacemos clic en la casilla Parámetros Globales que aparece señalada en la Ilustración 42.

Ilustración 42- Parámetros globales



Al acceder a esta casilla, se abre una nueva ventana en la que podemos gestionar los parámetros globales que tenemos definidos en el proyecto. Dentro de esta ventana es donde podemos crear los nuevos parámetros, haciendo clic sobre la casilla Nuevo parámetro global que vemos señalada en la Ilustración 43.

Ilustración 43- Crear nuevo parámetro global

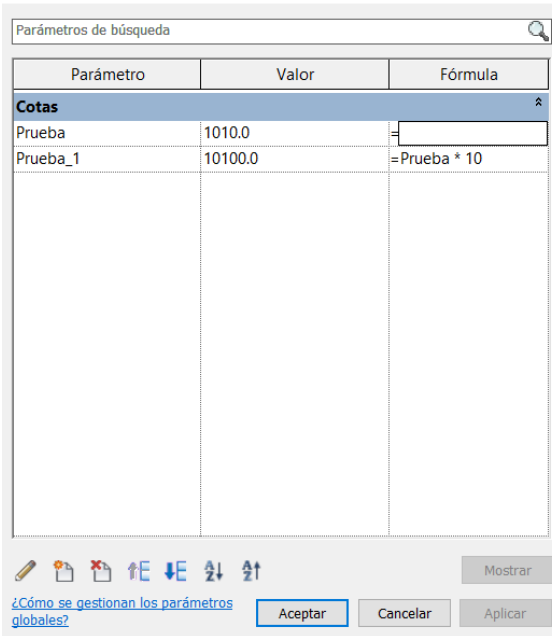


De nuevo, dentro de esta ventana que aparece tenemos que añadir la información referente al parámetro que queremos crear. Es igual a la que teníamos en los apartados anteriores salvo que ahora no tenemos la opción de indicar si es un parámetro de ejemplar o un parámetro de tipo. Por otra parte, sí nos deja la opción de establecerlo como parámetro de informe para incluirlo en una fórmula. Esta opción de parámetro de informe la analizaremos más adelante.

Una vez definido el parámetro, ahora podemos asignarle un valor o una fórmula. Tenemos que tener en cuenta que si dentro de esa fórmula queremos usar un parámetro que tiene algún símbolo especial (un guión, por

ejemplo), debemos meter el parámetro entre corchetes ([“parámetro”]) para que no detecte ese símbolo como un símbolo matemático, de acuerdo con [39]. En caso de que no lo tenga, solo sería necesario añadir el nombre del parámetro con la fórmula. Por ejemplo, podemos ver una fórmula en la Ilustración 44, donde ahora los valores de ambos parámetros pasan a estar relacionados.

Ilustración 44- Ejemplo de fórmula



Parámetros globales

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Cotas		
Prueba	1010.0	=
Prueba_1	10100.0	=Prueba * 10

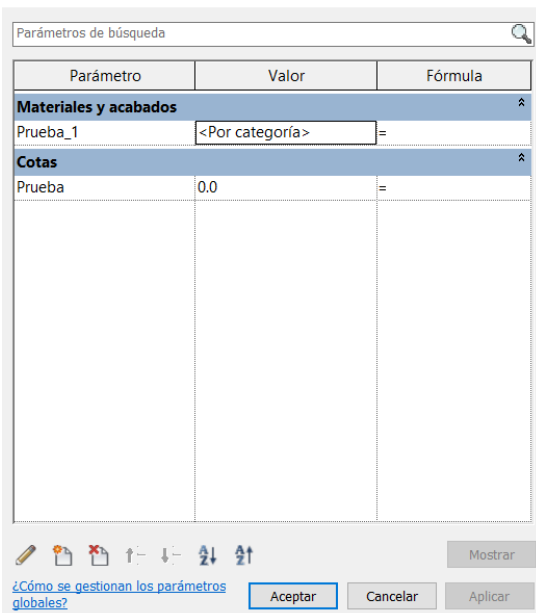
Mostrar

[¿Cómo se gestionan los parámetros globales?](#) Aceptar Cancelar Aplicar

4.1.5.2 Asignar un parámetro global

Este apartado es importante añadirlo dentro de estos parámetros ya que es diferente a los anteriores. Para asignar parámetros globales, es muy importante seleccionar adecuadamente el tipo de parámetro que estamos estableciendo. Aunque creemos un parámetro global, si este parámetro no se ha creado con el tipo de parámetro y disciplina adecuadas no nos aparecerá la opción de asignarlo. Para verlo más claro, haremos un ejemplo. En la Ilustración 45 vemos que se han creado dos parámetros globales dentro del proyecto, uno correspondiente a un material y otro correspondiente a una longitud.

Ilustración 45- Ejemplo. Asignación de parámetros globales



Parámetros globales

Parámetros de búsqueda

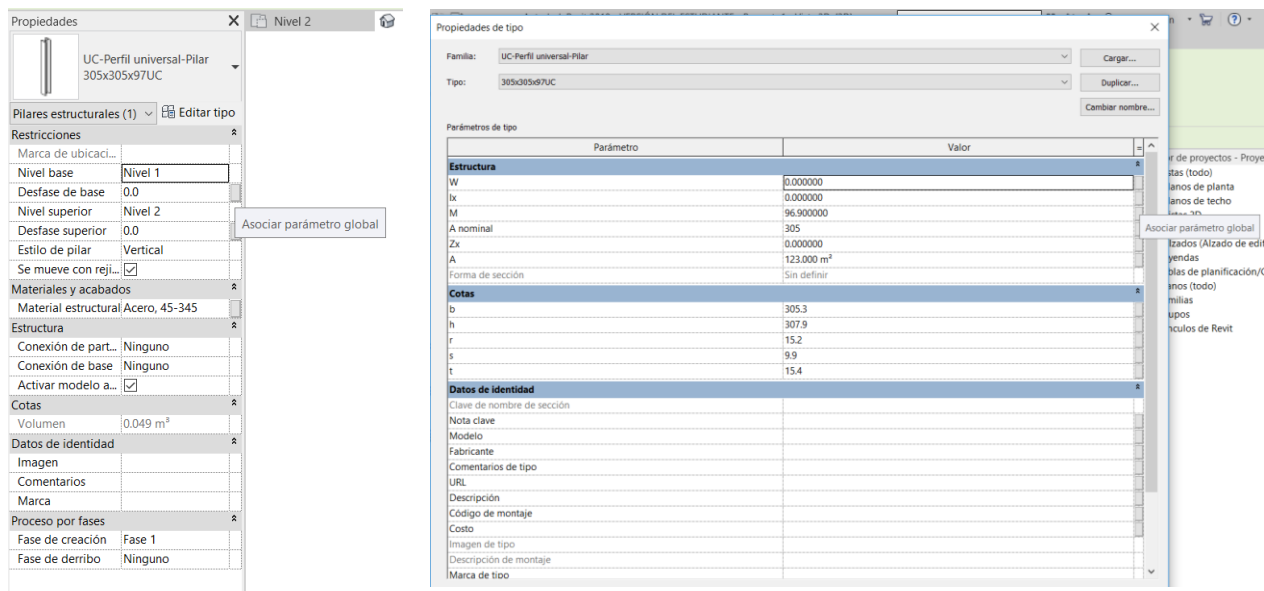
Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Prueba_1	<Por categoría>	=
Cotas		
Prueba	0.0	=

Mostrar

[¿Cómo se gestionan los parámetros globales?](#) Aceptar Cancelar Aplicar

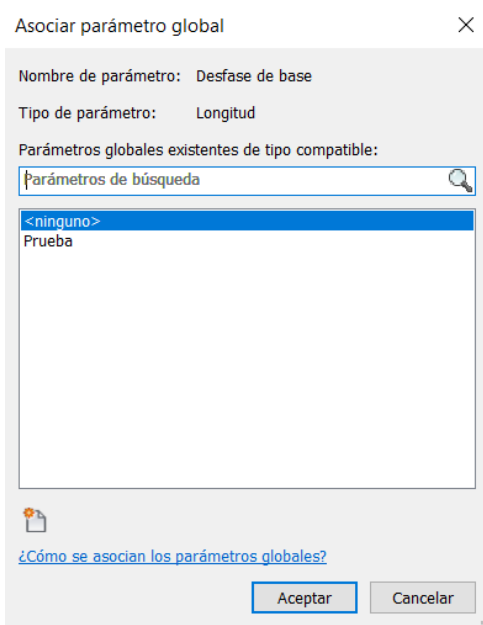
Para asignar estos parámetros ahora nos vamos al elemento. Una vez seleccionado el elemento, ahora en la paleta de propiedades podemos asignarle el parámetro global a un parámetro, o se lo podemos asignar también a los elementos del mismo tipo a través de Editar tipo. Para poder introducir este parámetro global, tenemos que hacer clic dentro del cuadro gris que tenemos al lado de algunos parámetros del elemento o al cuadro gris que tenemos en algunos también dentro de la ventana que aparece tras hacer clic en editar tipo como vemos en la Ilustración 46 [40].

Ilustración 46- Asociar parámetro global



Una vez hemos accedido a este cuadro gris en el parámetro que nos interesa, se nos abre una ventana donde aparecen los parámetros globales que podemos asignarles a estos parámetros. Si queremos asignarlo al Desfase de base, la ventana que nos aparece es la que tenemos en la Ilustración 47, donde vemos que el único parámetro que le podemos asignar es el que hemos definido longitud como tipo de parámetro y común como disciplina. Si hubiésemos querido asignarle un material, tendríamos que haber accedido al cuadro gris dentro del grupo Materiales y acabado, en el parámetro Material estructural y ahí nos hubiese aparecido Prueba_1 por estar definido como material.

Ilustración 47- Asociar parámetro global



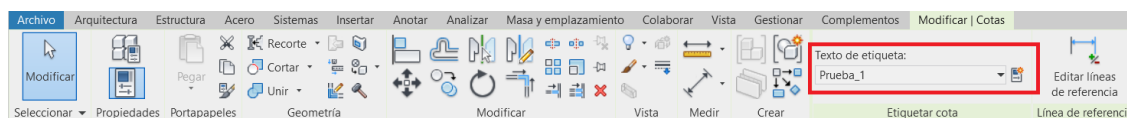
Para no tener estos problemas, si queremos asignarle un parámetro global a esa propiedad también podemos generarlo desde la casilla que tenemos en la parte inferior de la Ilustración 47 (Nuevo parámetro global), donde ya nos aparecen definidas la disciplina y el tipo de parámetro como vemos en la Ilustración 48. Cuando

no tenemos un gran conocimiento de estos tipos de parámetros y la disciplina, sería conveniente crear el parámetro con este segundo método y para modificar el parámetro, accedemos a su valor a partir de la casilla de Parámetros globales que tenemos dentro de Gestionar.

Ilustración 48- Nuevo parámetro global

También podemos asignarle un parámetro global a una cota [41]. Para ello, definimos una nueva cota que podría ser por ejemplo la separación entre dos pilares para que se mantenga constante y que podamos gestionarla a través de un único parámetro, sin tener que ir modificándola una a una. Una vez definida, ahora seleccionamos el texto de la cota y nos aparece una nueva pestaña que se denomina Modificar | Cotas. Dentro de esta pestaña, en Etiquetar cota tenemos el Texto de etiqueta como vemos en la Ilustración 49. Desplegando esa pestaña tenemos todos los parámetros globales que le podemos asignar a esa cota. En caso de no tener ninguno, también podríamos generarlo haciendo clic en la casilla de la derecha, Crear parámetro, donde nos vendrían ya definida la disciplina y el tipo de parámetro.

Ilustración 49- Asignar parámetro global a una cota



4.1.5.3 Suprimir parámetro global

Para eliminar un parámetro global volvemos a realizar los mismos pasos que hacíamos en los apartados anteriores. En primer lugar, tenemos que llegar hasta la ventana que vemos en la Ilustración 43. Una vez hemos accedido a ella, ahora solo nos queda hacer clic en la casilla derecha de la que aparece señalada, que es la de Nuevo parámetro global. Una vez seleccionada la casilla Suprimir parámetro global, el parámetro desaparece directamente. Atendiendo a [39], cuando eliminamos un parámetro que se encuentra dentro de una fórmula, la fórmula también desaparecerá. Por tanto, tenemos que tener claro qué parámetro estamos eliminando.

4.2 DATOS DEL PARÁMETRO

A continuación, hablaremos de los distintos datos que tenemos que introducir a la hora de generar un parámetro y cuál es el efecto que tiene cada uno. Este apartado es común a todos los tipos de parámetros ya que al final, cuando los estamos creando, tenemos que introducirle las mismas propiedades para que queden bien definidos y nos den el resultado que buscamos. La ventana que nos aparece a la hora de definir el parámetro es la que vemos en la Ilustración 50, con algunas modificaciones según el tipo de parámetro que estamos definiendo. En este apartado iremos analizando cada propiedad que tenemos que introducir en cada caso.

Ilustración 50- Propiedades de parámetro

4.2.1 NOMBRE

En el apartado del nombre, existen algunas restricciones como hemos mencionado en los apartados anteriores y es que, por ejemplo, en el nombre de un parámetro de proyecto, no podemos introducir un guión [31]. Este apartado es importante para tener bien localizado el parámetro que hemos generado ya que, dentro del proyecto o la familia, aparecerá identificado con este nombre.

4.2.2 DISCIPLINA

Las disciplinas entre las que podemos elegir son común, estructural, climatización, electricidad, fontanería y energía. Cada disciplina nos ofrece unos tipos de parámetro diferentes por lo que de ahí viene la importancia de tener claro cuál es la que nos interesa.

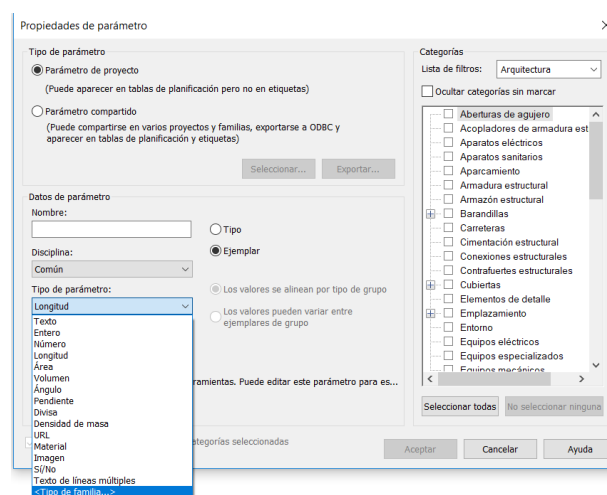
4.2.2.1 Común

Como vemos en la Ilustración 51, son numerosos los tipos de parámetros que podemos introducir. El parámetro que nos viene por defecto es el de Longitud, al igual que la disciplina que nos viene por defecto es la de Común. La mayoría podemos ver que se explican por sí mismos, únicamente sabiendo el nombre ya podemos intuir lo que podemos esperar de esos tipos y cuál es la información que van a requerir. Los dos últimos tipos si requieren que los describamos:

- Texto de líneas múltiples. Parámetro donde usamos textos de líneas múltiples líneas, [42]. Para usarlo como parámetro compartido debemos disponer de versiones posteriores a la 2016.
- <Tipo de familia...>. Según [42], “Se utiliza con componentes anidados. Permite intercambiar componentes tras haber cargado la familia en un proyecto”.

Por último, aunque no aparezca en la Ilustración 51, puede darse el caso de que aparezca el tipo de parámetro denominado Tipo de superficie dividida (aparece en las familias de masas, [42]). Este parámetro se usaría para controlar los componentes de una superficie dividida. Además, atendiendo a la información que tenemos en [42], podemos usar fórmulas para definir este parámetro.

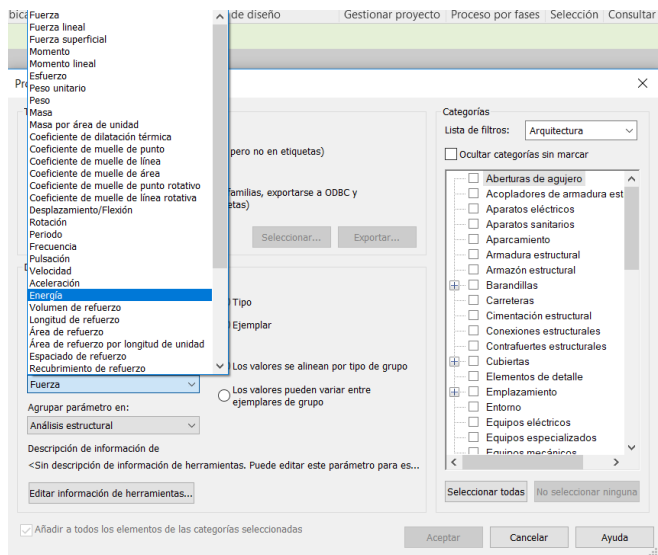
Ilustración 51- Tipos de parámetros. Disciplina común



4.2.2.2 Estructural

Al igual que antes, en esta disciplina también disponemos de numerosos tipos de parámetros. La peculiaridad de esta disciplina y que además es un factor muy importante a tener en cuenta es que, tenemos unidades en función del tipo de parámetro que vamos a introducir [43]. Todos los que tenemos disponibles en esta disciplina son los que vemos en la Ilustración 52.

Ilustración 52- Tipos de parámetros. Disciplina Estructural



En cuanto a las unidades, no es que se refiera a que tenga establecidas las unidades correspondientes la Sistema Internacional, por ejemplo. Esto se refiere a que cada tipo de parámetro tiene unas unidades concretas como puede ser el caso de Fuerza, que tiene unidades de Fuerza, o la Fuerza lineal que tiene unidades de Fuerza/longitud. En la Ilustración 53 podemos ver algunos ejemplos de las unidades que toma cada tipo de parámetro.

Ilustración 53- Unidades

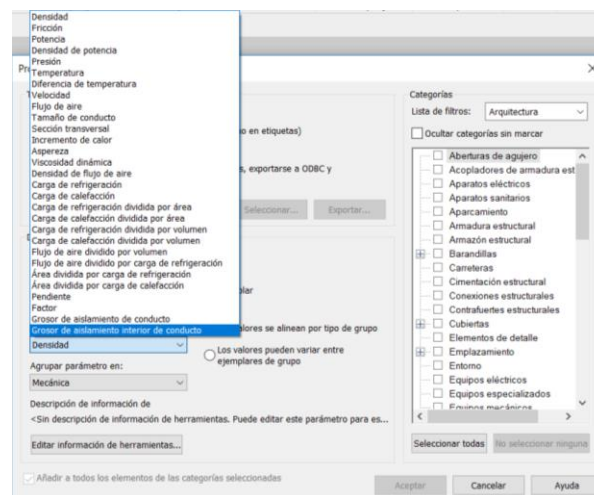
Name	Description	Units
Force	Used to define the exertion of one object on another. Applies to Point Load force parameters.	force
Linear Force	Used to define the intensity of force per unit length. Applies to Line Loads force parameters.	force/length
Area Force	Used to define the intensity of force per unit area. Applies to Area Loads force parameters.	force/length^2
Moment	Used to define the tendency of a force to rotate an object about an axis. Mathematically moment of force is defined as the cross product of the lever-arm distance vector and the force vector. Applies to Point Load moment parameters.	force*length
Linear Moment	Used to define the intensity of moment per unit length. Applies to Line Loads moment parameters.	force*length/length
Stress	Used to define the physical quantity that internal force exerts upon an adjoining particles. Mathematically stress is defined as division of the force vector per area.	force/length^2
Unit Weight	Used to define the weight per unit volume of an object.	force/length^3
Weight	Used to define the force exerted on an object by gravity.	force
Mass	Used to define the quantity of matter in a object.	mass
Mass per Unit Area	Used to define the mass density per unit area of a surface of an object. Applies to the floor mass per unit area.	mass/length^2
Thermal Expansion Coefficient	Used to define the change in the length dimensions of an object to a change in temperature. For linear elements it is calculated as the material degree of expansion divided by the change in temperature for a unit length.	1 / temperature
Point Spring Coefficient	Used to define the ratio of force affecting the spring at a point to its resulting displacement. Applies to the Spring Modulus parameter in Point Boundary Conditions.	force/length
Line Spring Coefficient	Used to define the ratio of force affecting the spring along a line to its resulting displacement. Applies to the Spring Modulus parameter in Line Boundary Conditions.	force/length^2
Area Spring Coefficient	Used to define the ratio of force affecting the spring spanning an area to its resulting displacement. Applies to the Spring Modulus parameter in Area Boundary Conditions.	force/length^3
Rotational Point Spring Coefficient	Used to define the torque ratio of force affecting the spring at a point to its resulting displacement. Applies to the Spring Modulus parameter in Point Boundary Conditions.	force*length/angle
Rotational Line Spring Coefficient	Used to define the torque ratio of force affecting the spring along a line to its resulting displacement. Applies to the Spring Modulus parameter in Line Boundary Conditions.	force*length/angle/length
Displacement/Deflection	Used to define the linear distance between the start and end points of the motion of an object.	length
Rotation	Used to define the arc distance of a rotation.	angle
Period	Used to measure the duration of a single cycle of a repeating action.	time
Frequency	Used to measure the number of cycles of a repeating action in a unit of time.	1/time

Fuente 2: Structural Family Parameters. REVIT 2019. [43]

4.2.2.3 Climatización (HVAC)

En esta disciplina nos aparecen tipos de parámetros como presión, temperatura, densidad... que están relacionados con la climatización, con el ambiente. En este caso no nos encontramos con que los parámetros tengan asociadas unidades. En la Ilustración 54 podemos ver los tipos que nos podemos encontrar. En [44] podemos ver una pequeña descripción de todos los parámetros que nos ofrece esta disciplina.

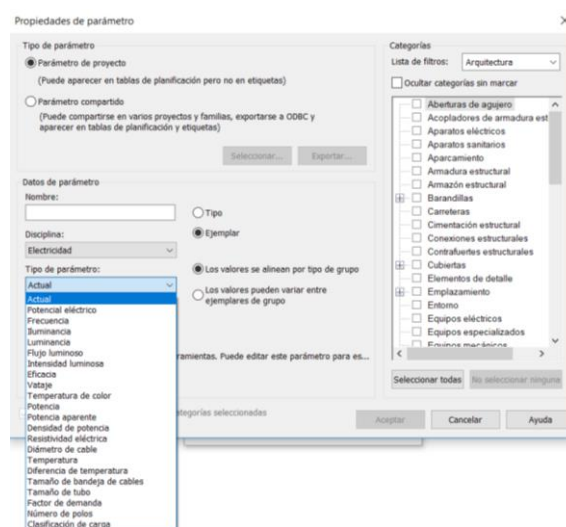
Ilustración 54- Tipos de parámetros. Disciplina Climatización



4.2.2.4 Electricidad

Dentro de la disciplina de Electricidad volvemos a encontrarnos con varios tipos de parámetros donde tampoco tenemos asociadas unidades. Los tipos de parámetros que tenemos son por ejemplo la iluminancia (fundamental en cálculos lumínicos), la eficacia, los diámetros de los cables ... En [45] podemos ver una pequeña descripción de todos los parámetros que nos ofrece esta disciplina. Como vemos en la Ilustración 55, aquí tenemos todos los parámetros relacionados con la electricidad.

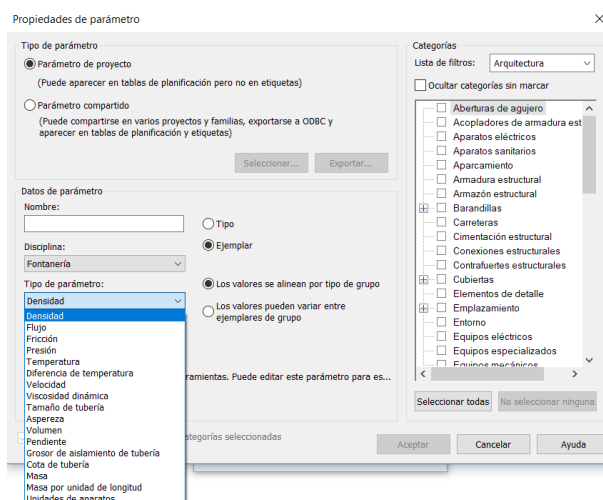
Ilustración 55- Tipos de parámetros. Disciplina Electricidad



4.2.2.5 Fontanería

En Fontanería los tipos de parámetros que nos encontramos están relacionados con los parámetros hidráulicos que debemos tener en cuenta dentro de una instalación hidráulica como puede ser la rugosidad, la pendiente, las dimensiones de las tuberías ... En [46] podemos ver una pequeña descripción de todos los parámetros que nos ofrece esta disciplina. En la Ilustración 56 tenemos todos los parámetros correspondientes a esta disciplina.

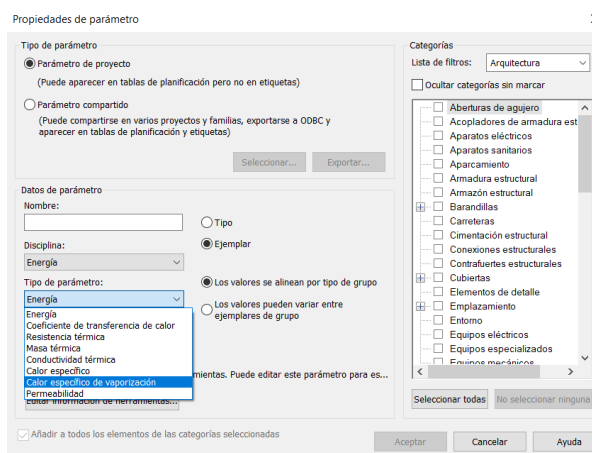
Ilustración 56- Tipos de parámetros. Disciplina Fontanería



4.2.2.6 Energía

Dentro de la disciplina energía nos interesa tener parámetros que definan, por ejemplo, el calor específico, la conductividad térmica, la resistencia térmica... En [47] podemos ver una pequeña descripción de todos los parámetros que nos ofrece esta disciplina. Atendiendo a la Ilustración 57 vemos los parámetros que tenemos disponibles aquí.

Ilustración 57- Tipos de parámetros. Disciplina Energía



4.2.3 AGRUPAR PARÁMETRO

Dentro de este apartado definimos el grupo en el que queremos que quede recogido el parámetro que estamos generando. Esto nos puede servir para tener una mayor organización dentro de las propiedades que conforman cada elemento. Dependiendo del grupo en el que queramos introducir el parámetro, cuando analicemos las propiedades de cada elemento podremos localizar más rápido el parámetro si empezamos buscando por el grupo en el que está recogido. Los grupos dentro de las propiedades de los parámetros son los que aparecen señalados en la Ilustración 58. Como vemos, en la parte inferior de la imagen aparece un grupo correspondiente a Análisis energético que es el empleado para realizar la prueba.

Ilustración 58- Grupos de parámetros

Propiedades de tipo

Familia: **Pilar rectangular** Cargar...

Tipo: **475 x 610mm** Duplicar...

Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Gráficos	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Patrón de relleno de detalle bajo	
Materiales y acabados	
Material	<Por categoría>
Cotas	
Profundidad	475.0
Desfase de base	0.0
Desfase de parte superior	0.0
Anchura	610.0
Datos de identidad	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	
Código de montaje	
Costo	
Imagen de tipo	
Descripción de montaje	
Marca de tipo	
Número OmniClass	
Título OmniClass	
Nombre de código	
Análisis energético	
Prueba_Energia	

[¿Qué hacen estas propiedades?](#)

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

4.2.4 DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En este apartado podemos añadir la información que consideremos necesaria al parámetro, con un máximo de 250 caracteres. Nos puede servir para realizar una pequeña aclaración de la función del parámetro.

4.2.5 TIPO O EJEMPLAR

Esta propiedad del parámetro también es muy importante. Podemos hacer que el parámetro tome el mismo valor para todos los elementos del mismo tipo (pilar 475 x 610 mm) o que este parámetro pueda modificarse en cada ejemplar, tomando valores diferentes en cada caso (cada pilar de 475 x 610 mm). En el caso de que seleccionemos Tipo, el parámetro aparecerá dentro de la ventana que se nos despliega al acceder a la casilla de Editar tipo. Esto es así porque en ese caso sería una propiedad común al tipo de familia que estamos añadiendo al modelo y todos los ejemplares tomarán el mismo valor. Si por otra parte seleccionamos Ejemplar, en ese caso el parámetro aparecería en la ventana de propiedades que nos aparece al seleccionar un elemento concreto, que sería un ejemplar del tipo de familia al que pertenece.

Por lo tanto, esto tenemos que tenerlo en cuenta ya que según el parámetro que estemos definiendo nos va a interesar asignarlos a todos los elementos o no.

Por último, señalar que esta opción no la tenemos disponible para los parámetros globales.

4.2.6 CATEGORÍAS

Cuando estamos generando parámetros de proyecto o parámetros compartidos, podemos seleccionar las categorías a las cuales queremos asignarles este parámetro que estamos introduciendo. Las categorías están compuestas por familias de elementos. Por ejemplo, una categoría puede ser Pilares estructurales, y esta a su vez incluye varias familias como son Pilares de Hormigón Redondos, Rectangulares, Rectangulares Prefabricados... Si le asignamos el parámetro a esta categoría entonces cuando carguemos cualquier familia que pertenezca a Pilares estructurales contendrá dicho parámetro.

4.2.7 PARÁMETRO DE INFORME

Esta tipología de parámetro solo se puede aplicar en algunos casos. Se puede aplicar en parámetros globales, en parámetros compartidos y en parámetros de familia cuando creo un parámetro de ejemplar.

Los parámetros de informe extraen el valor de una condición geométrica para poder incluirlo en una fórmula o en una tabla de planificación, de acuerdo con [48].

Atendiendo a la información recogida en [48], los parámetros que podemos tomar como parámetros de informe son la longitud, radio, ángulo y longitud de arco. Por lo tanto, si escogemos un tipo de parámetro diferente a los mencionados anteriormente no dispondremos la opción de tenerlos como parámetros de informe.

Es muy importante destacar que, según [48], un parámetro de informe podremos usarlo en una fórmula siempre que las dimensiones a las que hace referencia su cota contengan elementos en la familia. Si las dimensiones de referencia se hacen a geometría de la familia, en ese caso ese parámetro de informe no puede usarse en fórmulas.

En definitiva, el parámetro de informe nos serviría para extraer la información por ejemplo y almacenarla en una tabla de planificación que generemos. Si a una cota le asociamos un parámetro de informe, entonces podremos recoger el valor de dicha cota mediante ese parámetro y llevárnoslo a una tabla. Por otra parte, el parámetro de informe se usaría en fórmulas para obtener el valor de otros parámetros ya que el parámetro de informe no puede definirse a partir de una fórmula. Esto hay que tenerlo en cuenta porque puede conducir a error en el caso de que no se comprenda adecuadamente. En la Ilustración 59 vemos un ejemplo de lo que estamos explicando, donde el parámetro de informe se ha empleado en una fórmula para definir otro parámetro.

Ilustración 59- Parámetro de informe en una fórmula

Parámetros globales

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Cotas		
Prueba (informe)	1010.0	=
Prueba_1 (informe)	8200.0	=
Prueba_2	2020.0	=Prueba * 2

Mostrar

[¿Cómo se gestionan los parámetros globales?](#) Aceptar Cancelar Aplicar

Luego, para poder mostrar este parámetro en una tabla de planificación, por ejemplo, deberíamos realizar unos pasos más. Como en nuestro ejemplo hemos creado el parámetro de informe a partir de un parámetro global, no podemos extraer su valor directamente en una tabla de planificación. Para conseguirlo, debemos generar un parámetro de proyecto que se defina a partir de dicho parámetro global (Ilustración 60) y en ese caso sí tendremos la opción de añadirlo a una tabla de planificación.

Ilustración 60- Parámetro de proyecto en función de parámetro de informe

Propiedades de tipo

Familia: UC-Perfil universal-Pilar Cargar...

Tipo: 305x305x97UC Duplicar...

Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Estructura	
W	0.000000
Ix	0.000000
M	96.900000
A nominal	305
Zx	0.000000
A	123.000 m²
Forma de sección	Sin definir
Cotas	
b	305.3
h	307.9
r	15.2
s	9.9
t	15.4
Prueba_Parámetro de informe	2020.0
Datos de identidad	
Clave de nombre de sección	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	
Código de montaje	
Costo	
Imagen de tipo	
Descripción de montaje	
Marca de tipo	
Número OmniClass	

5 DESARROLLOS PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES

En este apartado pasaremos a realizar varios ejemplos sobre aplicaciones prácticas realizadas con DYNAMO y REVIT. Los ejemplos que vamos a ver a continuación han sido escogidos por su interés de aplicación al ser situaciones que se nos presentan a menudo. De esta forma, se pretende mostrar la potencialidad que nos ofrece DYNAMO y cómo se podrían automatizar algunos procesos como puede ser la introducción de información en el modelo.

Con estos ejemplos se pretende actuar sobre la exportación de información del modelo generado, diseño y generación de elementos y, por último, importación de información en el modelo. Así podemos ver que prácticamente podemos interactuar en todas las fases de un proyecto con el software DYNAMO, viendo así su amplio campo de aplicación.

Una vez mencionado esto, pasamos ahora a describir las rutinas realizadas con este programa. Analizaremos en cada una el proceso seguido para la generación de la rutina, además de realizar una serie de apuntes según los problemas encontrados durante la creación de esta.

Siempre iniciaremos el programa desde la ficha Gestionar que nos encontramos dentro de REVIT. En principio, la utilidad que le vamos a dar a este software es la extracción de información de modelos BIM que se encuentren dentro de REVIT. Es muy importante señalar que esta herramienta que vamos a estudiar adquiere toda su potencialidad cuando la asociamos a modelos BIM, que llevan información asociada. Un claro ejemplo es que dentro de un modelo BIM nos encontramos separados por familias los pilares, zapatas, forjados, tableros... Esta distinción de elementos nos será muy útil para aplicar filtros y así tener mejor organizado el modelo, pudiendo estudiar en cada caso el elemento o grupo de elementos que nos interese. En el caso de no tener un modelo bien estructurado, nos podemos encontrar bloques que engloban a varias familias de elementos que son totalmente diferentes, lo que dificultaría el proceso de automatización buscado con el uso de la herramienta DYNAMO.

Los casos prácticos que vamos a desarrollar son los siguientes:

- Mediciones de áreas específicas de pilares
- Generación de elementos
- Añadir parámetros a un modelo BIM existente
- Crear filtros en un modelo BIM existente
- Duplicar tipos de muro y cambiar su espesor
- Crear piezas
- Exportar parámetros
- Importar parámetros

5.1 MEDICIONES DE ÁREAS ESPECÍFICAS DE PILARES

5.1.1 INTRODUCCIÓN

La obtención de este parámetro puede resultar interesante en algunos casos. Por ejemplo, si estamos realizando un presupuesto y queremos medir el área del paramento vertical de los pilares para saber la cantidad de pintura ignífuga que necesitamos. Este proceso se puede parametrizar de forma sencilla para que, únicamente seleccionando los elementos a tener en cuenta, obtengamos directamente la medición total de pintura.

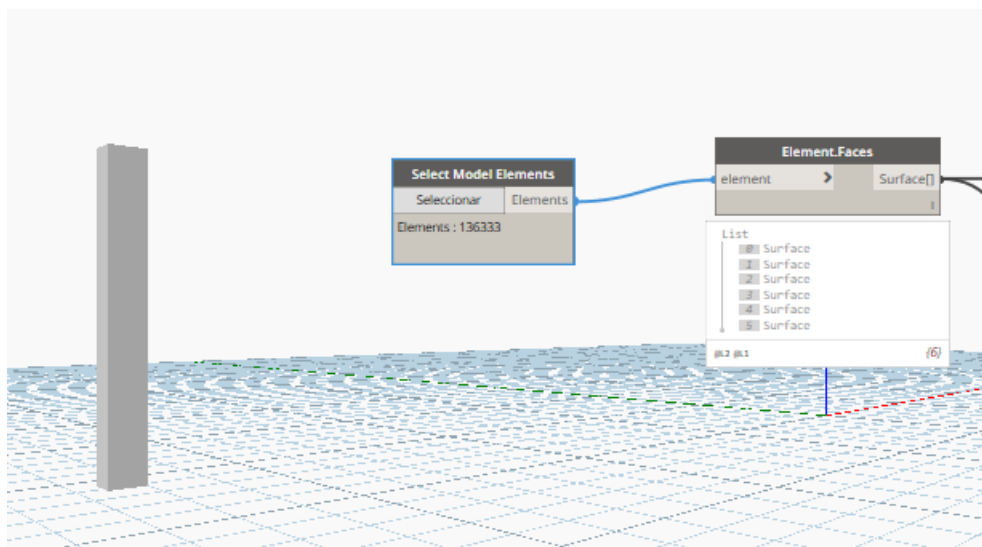
A continuación, pasaremos a mostrar una posible solución para parametrizar este proceso con DYNAMO. En primer lugar, debemos iniciar el modelo en REVIT y abrir DYNAMO desde la ficha Gestionar. Tras esto, ya podemos empezar a construir el flujo de trabajo que nos llevará a la solución.

5.1.2 RUTINA

5.1.2.1 Cálculo del área

Empezamos añadiendo un nodo que nos permita seleccionar los elementos de los cuáles queremos obtener el área. Para ello, empleamos el nodo Select Model Elements con el que podemos seleccionar varios elementos dentro del proyecto de REVIT. Después extraemos las caras de los elementos para poder trabajar con superficies. Si intentásemos trabajar directamente con los elementos seleccionados sería imposible porque necesitamos como input una geometría. La rutina empezaría como vemos en la Ilustración 61.

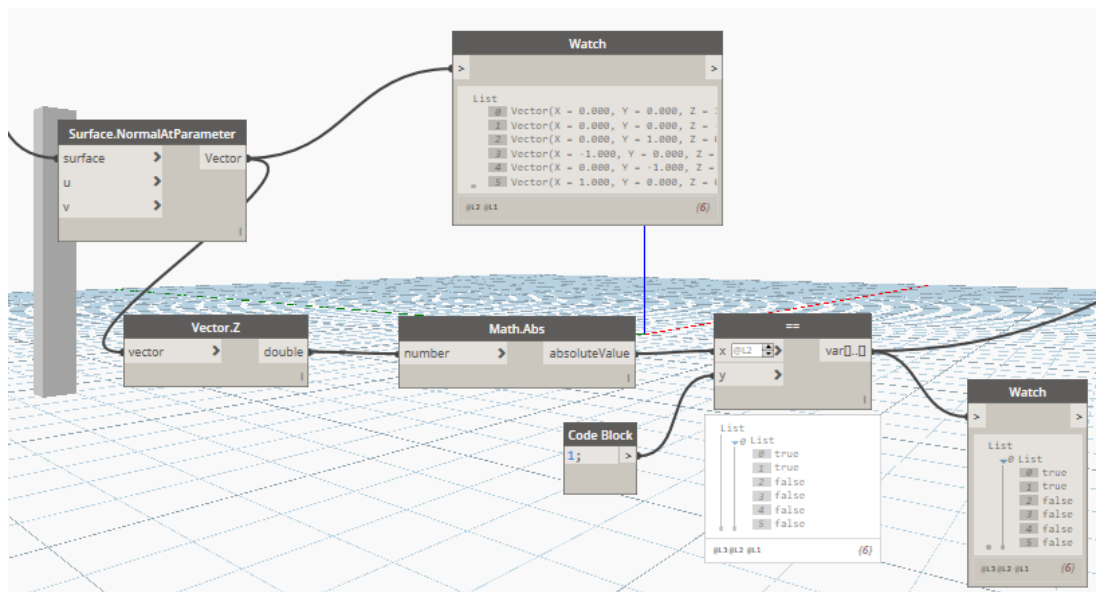
Ilustración 61- Selección de elementos



Como vemos, tenemos seis superficies porque el pilar escogido para el ejemplo es un pilar rectangular, de 610x610 y 8 m de altura.

En los pilares, la base superior e inferior no nos interesa tenerla en cuenta ya que estas no se van a pintar. Por tanto, debemos hacer ahora un proceso de selección de las caras adecuadas. Para ello, obtenemos el vector normal de cada superficie. Este es un buen filtro porque las superficies cuyo vector normal sea horizontal sí nos interesan. Para conseguir esto, extraemos la componente z de cada vector normal y vemos si es cero o no. Nos quedaremos con aquellas cuya componente vertical sea nula. Para ello, realizamos el siguiente flujo de trabajo que podemos ver en la Ilustración 62.

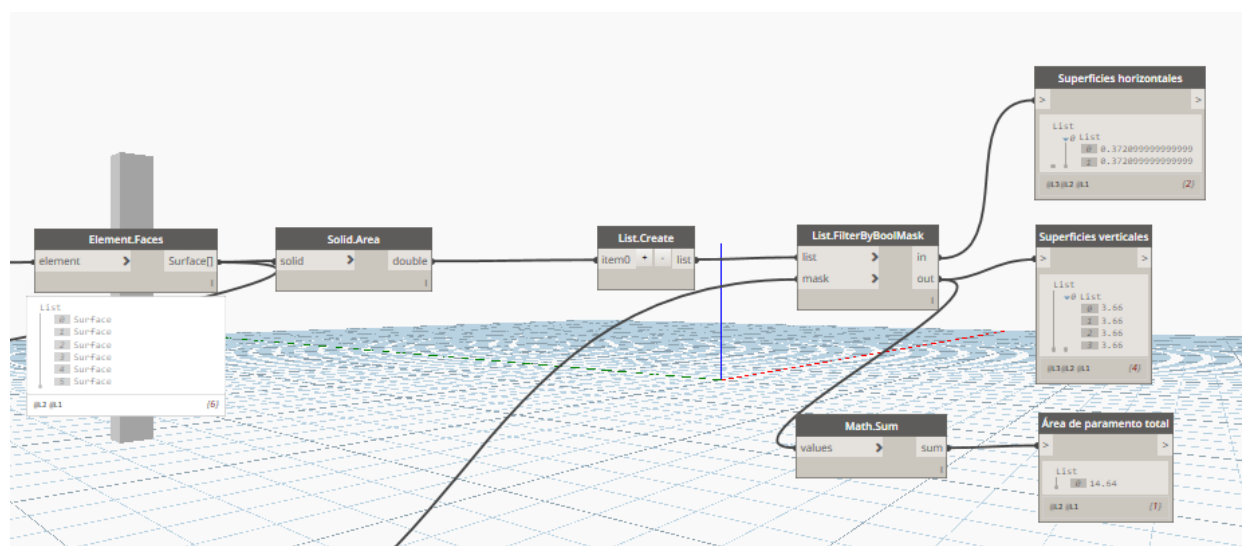
Ilustración 62- Extracción de superficie



El proceso seguido es fácil de comprender con los nodos empleados. Por otra parte, es importante resaltar el nodo `==`. El resultado de este nodo es que, tras meterle dos variables, nos las compara y determina si son iguales (`true`) o no (`false`). Este nodo es muy útil, así como todos los que aplican condiciones lógicas. Vemos en la variable `x` que aparece al lado `@L2`. Esto es necesario para obtener la solución del problema. Las listas dentro de DYNAMO se estructuran por niveles y es importante saber gestionarlos cuando tenemos mucha información. En este caso, con esto indicamos que queremos la información que tenemos dentro del nivel dos de la variable `X`.

El último paso es filtrar la lista de todas las superficies o áreas, y sumar las que nos interesan. Para ello, en primer lugar, vamos a obtener una lista con el área correspondiente a cada superficie. A continuación, aplicamos un filtro mediante condiciones booleanas a esta lista y nos quedamos con los valores que buscamos. Por último, los sumamos y ya tendríamos el resultado que vemos en la Ilustración 63.

Ilustración 63- Filtro de superficies



El input que tenemos en Mask es el output del nodo `==`. Al aplicar el filtro de la lista, tenemos una lista que cumple la condición y otra que no. En este caso, tal y como hemos planteado el modelo nos interesa la lista out, que se corresponde con las superficies verticales. El resultado final es para este ejemplo de 14.64 m^2 , que era lo esperado.

5.1.2.2 Exportar a Excel

Para terminar de completar este programa, nos interesaría obtener estos datos directamente en una hoja Excel que nos recoja las mediciones obtenidas. En este caso es muy importante saber trabajar bien con los niveles que tenemos dentro de las listas generadas en DYNAMO. Estos niveles son muy útiles para poder acceder directamente a la información que necesitemos. Por ejemplo, en algún caso nos puede interesar ver el área de las caras de cada pilar y en otro, nos bastaría con conocer el número de pilares que tenemos. Conforme más queramos profundizar en la información, menor será el nivel al que tenemos que acceder.

En este caso el proceso realizado ha sido con varios pilares. Cabe destacar que una vez modificada la rutina para que sea útil con varios pilares, deja de servirnos para un único pilar (es cuestión de los niveles). Como esto empieza a ser productivo cuando tenemos un gran número de ejemplares, continuaremos con esta rutina sabiendo que se produce este fallo.

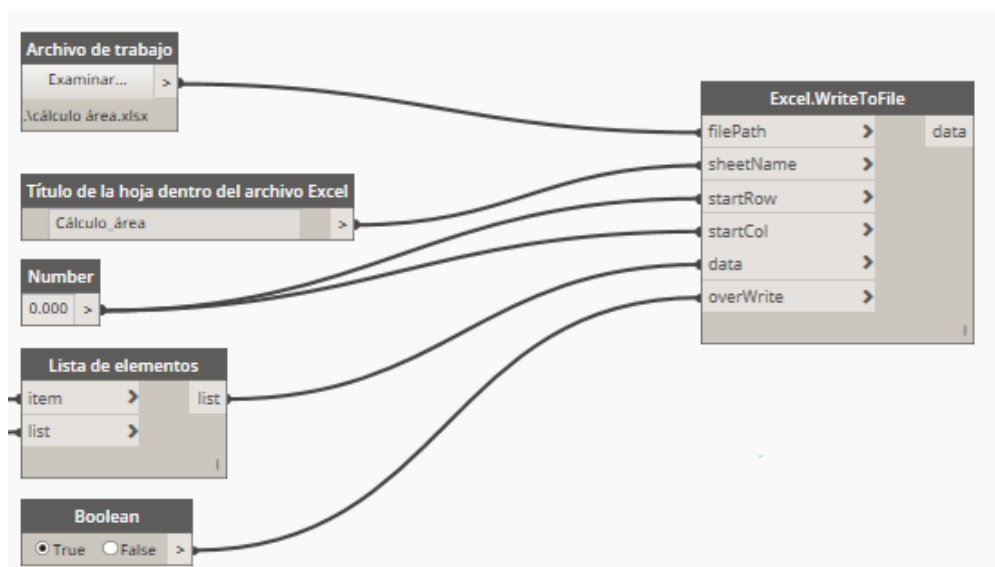
Por otra parte, tenemos que señalar también que, al adaptar la hoja de cálculo para pilares de cuatro caras, esta rutina no podría usarse para otro tipo de pilares que tengan mayor o menor número de caras. Para que pueda usarse con otro tipo de pilares, deberíamos modificar la lista que hemos introducido como cabecera en la hoja Excel consiguiendo así que la hoja de datos obtenida sea coherente. No quiere decir que este programa no pueda usarse para medir pilares hexagonales, por ejemplo, sino que el formato del resultado obtenido no sería coherente.

El nodo que vamos a utilizar para generar esta hoja de cálculo en la que nos aparecerán directamente las mediciones, junto con un identificador de cada pilar, es Excel.WriteToFile. Este nodo nos permite generar una hoja Excel a partir de información que hayamos creado en el archivo de trabajo (data). Para ello, los datos de entrada serán:

- La dirección del archivo de trabajo que debemos haber generado anteriormente (filePath).
- El nombre de la hoja donde queremos que se coloque la información dentro del archivo.
- La fila en la que se empieza a colocar el primer dato (startRow).
- La columna en la que se empieza a colocar el primer dato (startCol).
- La información que queremos añadir (data).
- Seleccionar si queremos sobrescribir o no el archivo de trabajo (overWrite).

Para poder facilitar la visión de estos parámetros, en la Ilustración 64 podemos ver el nodo que hemos empleado y los datos de entrada que necesita.

Ilustración 64- Exportación a hoja Excel



Como mencionamos antes, teniendo en cuenta la disposición de información dentro de los niveles de cada lista, generamos la información correspondiente al área de cada pilar. Para el ejemplo, se ha empleado un modelo sencillo que contiene tres pilares de diferentes dimensiones (Ilustración 65). El resultado final es la

hoja de cálculo que podemos ver en la Ilustración 66.

Ilustración 65- Ejemplo

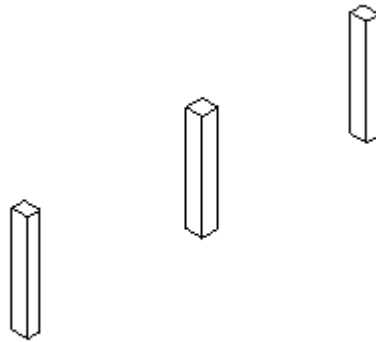


Ilustración 66- Resultado

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ID Elemento	Tipo elemen	Nº de caras	Área cara 1	Área cara 2	Área cara 3	Área cara 4	Total
2	136394	475 x 610mm	4	2.44	1.9	2.44	1.9	8.68
3	136409	475 x 610mm	4	2.44	1.9	2.44	1.9	8.68
4	136415	610 x 610mm	4	2.44	2.44	2.44	2.44	9.76

5.1.3 VERSIÓN ALTERNATIVA

Sin embargo, en algunos casos se hace difícil poder seleccionar solamente los pilares en el modelo. Esto es porque tenemos muchos elementos que los acompañan y, por lo tanto, centrarse únicamente en los pilares puede llevar bastante tiempo.

Por ello, convendría automatizar también este proceso de selección de los pilares. En este caso vamos a realizar un ejemplo de medición de un área concreta de estos elementos para calcular la superficie donde tenemos que aplicar la pintura para generar una banda de color en un aparcamiento. Aprovecharemos para modificar la rutina y mostrar otra posible solución al problema.

Empezaremos modificando la selección de los elementos con el objetivo de hacerla más precisa y eficaz. Para esto, debemos buscar una característica con la que poder filtrar los elementos del modelo y quedarnos únicamente con los pilares. Esta característica que vamos a utilizar es la categoría de los elementos. De esta forma, nos quedaremos solamente con las categorías correspondientes a pilares. Existen varias categorías donde podemos encontrarlos (ver Ilustración 67) pero para realizar el ejemplo vamos a quedarnos con la categoría de pilares y la de pilares estructurales como vemos en la Ilustración 68.

Ilustración 67.- Categorías de pilares

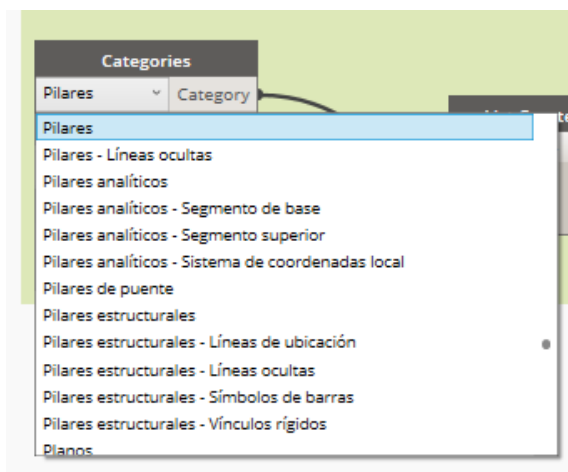
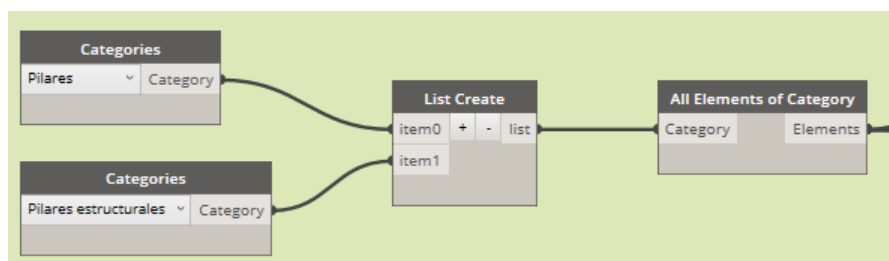


Ilustración 68.- Elegimos las categorías

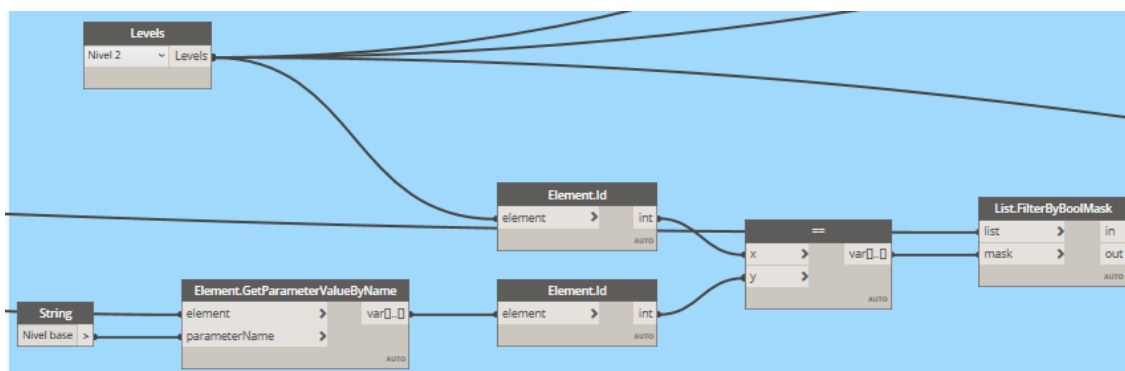


Una vez elegidas estas categorías, extraemos todos los elementos pertenecientes a ellas. Con esto tenemos organizados los pilares del modelo en categorías.

Si estamos analizando un edificio cuyo aparcamiento se encuentra en la parte inferior, nos interesaría quedarnos solamente con los que pertenecen a la planta del aparcamiento. En este caso, eligiendo las categorías no hemos podido establecer una distinción entre qué pilares se encuentran en una planta u otra. Para ello, hemos escogido como parámetro el nivel al que pertenece la base de cada pilar. De esta forma, filtraremos todos los pilares existentes en el modelo con el nivel de referencia que hemos establecido.

Para conseguir esto con DYNAMO, en primer lugar, comenzamos seleccionando el nivel que nos interesa de entre todos los niveles que tenemos en el modelo. Luego, extraemos el nivel de base de cada pilar (es el parámetro de ejemplar llamado Nivel base). Por último, para realizar el filtro hacemos una comparación para ver si coinciden el nivel de base de los pilares con el nivel de referencia escogido. Una vez conocidos cuáles son los que nos interesan (salida del nodo “==”), filtramos la lista inicial de pilares con este. En la Ilustración 69 podemos ver este proceso seguido.

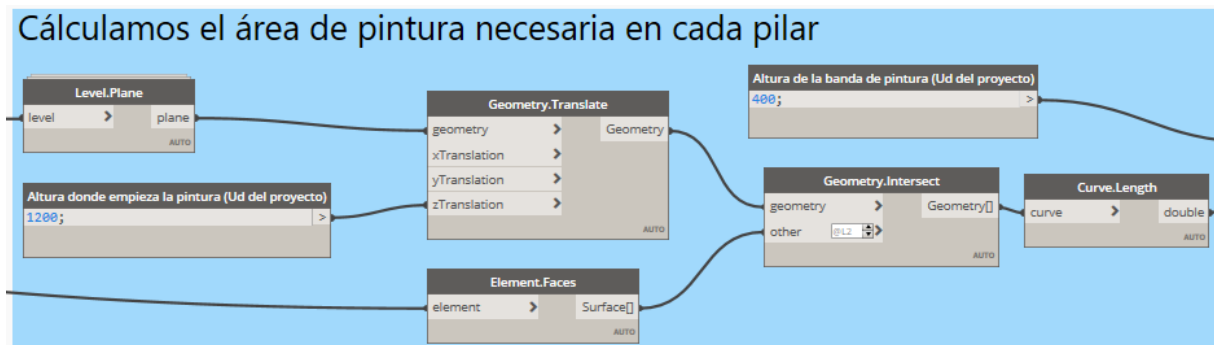
Ilustración 69.- Filtramos los pilares por nivel



Una vez conocidos los ejemplares en los que estábamos interesados medir, pasamos al proceso de obtención del área destinada a la pintura. Como el objetivo es calcular el área existente en una franja situada a una altura concreta, vamos a comenzar generando un plano que se encuentre a la altura donde queremos aplicar la pintura. Para ello, cogemos como referencia el plano de la base de los pilares y creamos otro plano a una

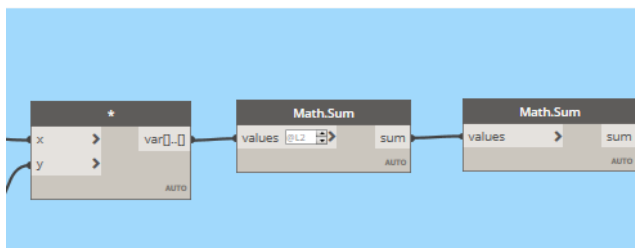
distancia igual a la altura de la línea inferior de la franja de pintura. Necesitamos crear este plano para que obtengamos las dimensiones de cada pilar con el resultado de la intersección. La intersección entre un plano y el pilar en principio sería un polígono. Sin embargo, esto no nos interesa y por ello vamos a realizar la intersección entre las caras de estos pilares y el plano generado. Pero para poder conseguirlo, debemos primero extraer la geometría del elemento de REVIT ya que en caso de no hacerlo no obtendríamos este resultado. Tenemos el nodo `Element.Faces` con el que extraemos las superficies de las que está compuesto el pilar. El siguiente paso es realizar la intersección, para lo cual utilizamos el nodo `Geometry.Intersect`. Sabemos que la geometría resultante de la intersección de un plano con una superficie es una curva. Por tanto, extraemos las dimensiones del pilar conociendo la longitud de estos segmentos a través del nodo `Curve.Length`. Todo este proceso podemos verlo en la Ilustración 70.

Ilustración 70.- Área de pilares



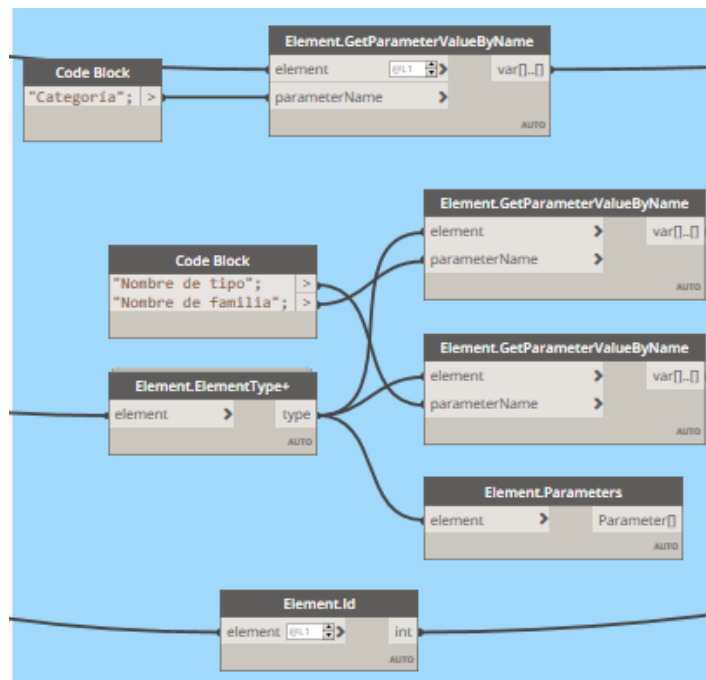
Para terminar con el cálculo del área, nos queda multiplicar las dimensiones de estos segmentos por el ancho de la banda de pintura. Haciendo este cálculo y sumando el resultado en cada cara del pilar, tendremos la superficie final. En este caso se ha decidido obtener este valor en cada pilar, para así tener una mayor definición del resultado. En la Ilustración 71 vemos esta última parte del proceso.

Ilustración 71.- Área de pilares



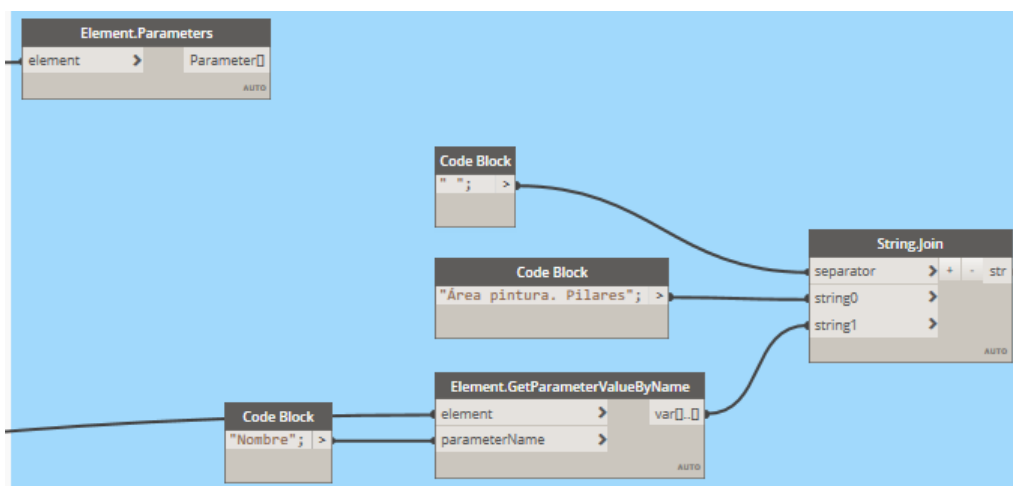
Una vez obtenida el área, solamente nos queda guardar este resultado. Para ello emplearemos una hoja Excel donde queden recogidos todos los datos. Además, para tener localizado cada ejemplar dentro del proyecto vamos a incluir en este fichero el Id del elemento, la categoría, la familia y el tipo. En la Ilustración 72 vemos cómo hemos extraído todos estos parámetros para luego introducirlos en el fichero Excel.

Ilustración 72.- Extraemos los parámetros



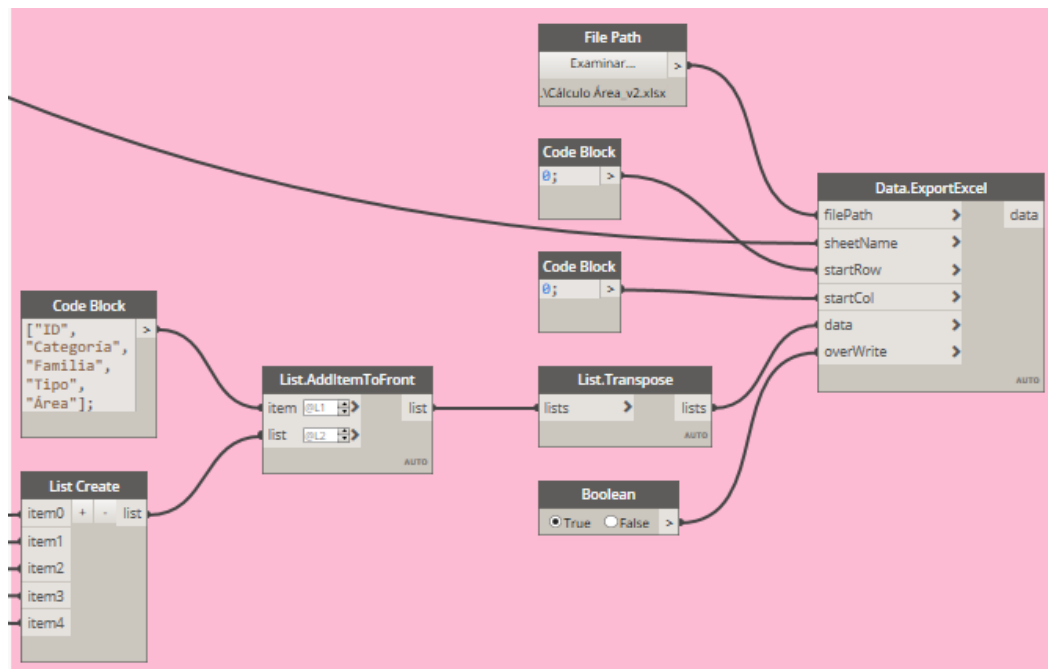
Por otra parte, en el caso de que tengamos varios niveles donde queramos medir áreas en pilares de esta forma solo tendríamos que modificar el nivel de referencia que hemos tomado como nivel de base de los pilares que queremos medir. También sería conveniente tener todo recogido en el mismo fichero y por ello hemos establecido el nombre de la hoja según el nivel que estemos considerando. Así pues, las hojas se denominarán Área pintura. Pilares ... (Nivel de referencia utilizado). El objetivo de establecer esta nomenclatura en las hojas es poder tener todo recogido en un mismo archivo y que a su vez sea fácil localizar la información que necesitamos. En la Ilustración 73 vemos cuáles serían los nodos necesarios para ello. El elemento del cual extraemos el parámetro Nombre es el nivel de referencia.

Ilustración 73.- Nombre de la hoja del fichero Excel



Para terminar, introducimos los datos en un fichero Excel previamente generado. Empezamos estableciendo la ruta donde se encuentra este archivo con el nodo File Path. Después indicamos el nombre de la hoja tal y como dijimos en el párrafo anterior. Continuamos seleccionando la fila y columna de inicio, e introduciendo los datos que vamos a importar a la hoja Excel. Por último, indicamos si queremos que se sobrescriba o no este fichero. Tras completar estos apartados, la rutina estaría completada y lista para trabajar. Los últimos pasos indicados podemos verlos en la Ilustración 74

Ilustración 74.- Generación de la hoja Excel



5.2 GENERACIÓN DE ELEMENTOS

Otra de las numerosas utilidades que posee la herramienta DYNAMO es que simplifica el proceso de generación de geometrías complejas. Mediante la creación de puntos, que sería el elemento básico de cualquier geometría, podemos generar con mayor o menor grado de dificultad cualquier objeto que se nos ocurra. Uno de los motivos por el cual se ha introducido este punto de creación de modelos es porque dentro del software REVIT, no llegamos a encontrar ninguna familia correspondiente a elementos propios del ámbito de la ingeniería civil. De esta forma se intenta mostrar que es posible generar modelos y familias con esta herramienta, pudiendo usarse como una posible solución a este problema que se nos presenta cuando queremos hacer, por ejemplo, un modelo 3D de un decantador de una estación depuradora de aguas residuales.

A continuación, se mostrará el proceso a seguir para la generación de esta familia de modelos paramétricos para poder implementarla en nuestro proyecto de REVIT.

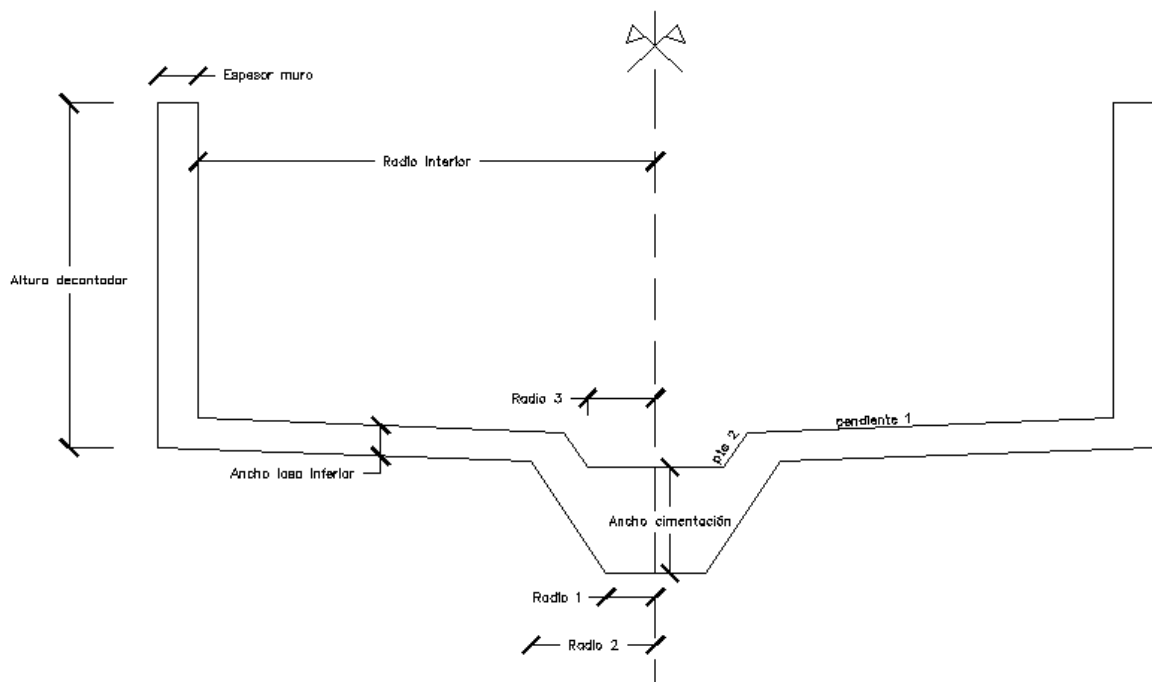
5.2.1 GENERACIÓN DE LA GEOMETRÍA

En primer lugar, empezaremos determinando los datos de entrada que parametrizan el decantador. Usaremos los siguientes, y para obtener los valores del ejemplo nos basamos en [49], Trabajo Fin de Grado realizado por la ingeniera Dña. Isabel Muñoz Lozano en el año 2016, titulado Proyecto de E.D.A.R. Concretamente, usaremos el plano 04 de 10, *Vista en planta de los decantadores secundarios*, pág. 527

- Radio 1: 0.755 m
- Radio 2: 1.85 m
- Altura de decantador: 5 m
- Espesor de muro: 0.6 m
- Radio interior: 6.7 m
- Pendiente 1: 0.035 %
- Pendiente 2: 1.5 ‰
- Ancho losa inferior: 0.4 m
- Ancho cimentación: 1.5 m
- Radio 3: 1 m

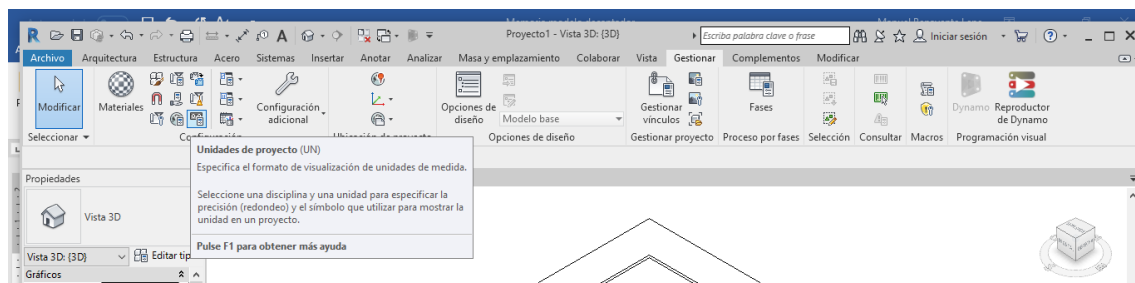
Tan solo con diez datos podríamos modelar el vaso de un decantador de una E.D.A.R. Para conocer mejor cuáles son las medidas a las que nos referimos, en la Ilustración 75 podemos ver la sección del decantador parametrizada.

Ilustración 75- Sección decantador



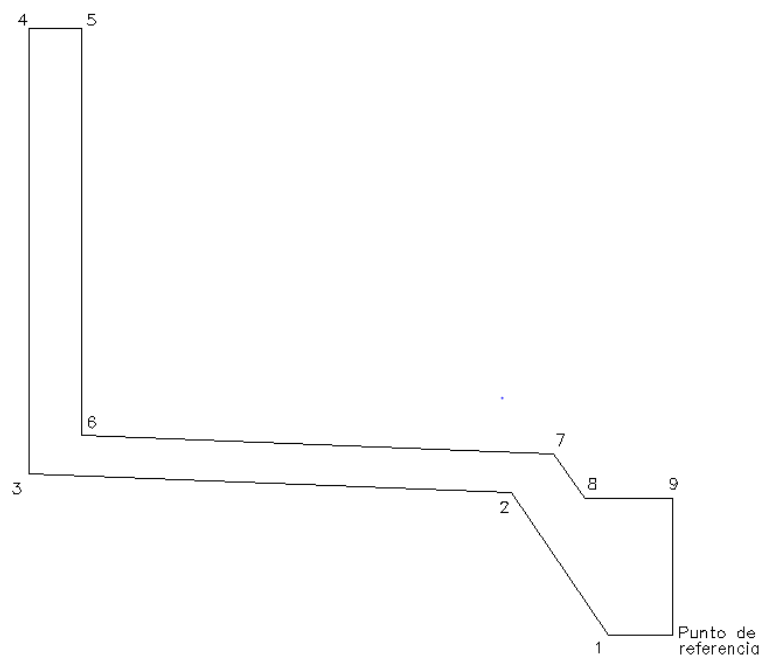
Es muy importante señalar que las unidades de estos datos de entrada deben coincidir con las unidades del proyecto de REVIT para que sea coherente. Si no lo tenemos en cuenta, podríamos perder el elemento sin saber lo que sucede. Para ello, nos vamos a la ficha Gestionar y dentro del grupo Configuración nos encontramos con Unidades de proyecto (Ilustración 76). Aquí establecemos las unidades del proyecto con el que vamos a trabajar.

Ilustración 76- Unidades



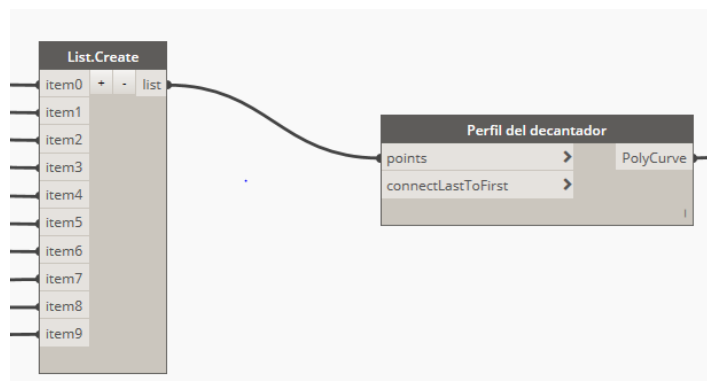
El siguiente proceso es la generación de la geometría. Para ello, primero se ha dividido la sección parametrizada en dos como simplificación al ser simétrica. A continuación, se han generado en el modelo todos los puntos de intersección y luego se generan las líneas que componen dicha sección y tienen como punto de inicio y fin los que hemos creado anteriormente. Este es un proceso reiterativo en el que tenemos que tener bien localizados los puntos y las líneas que estamos creando, y para ello es conveniente realizar un esquema como el de la Ilustración 77 para tener claro qué parte de la sección estamos generando en todo momento.

Ilustración 77- Esquema de la sección



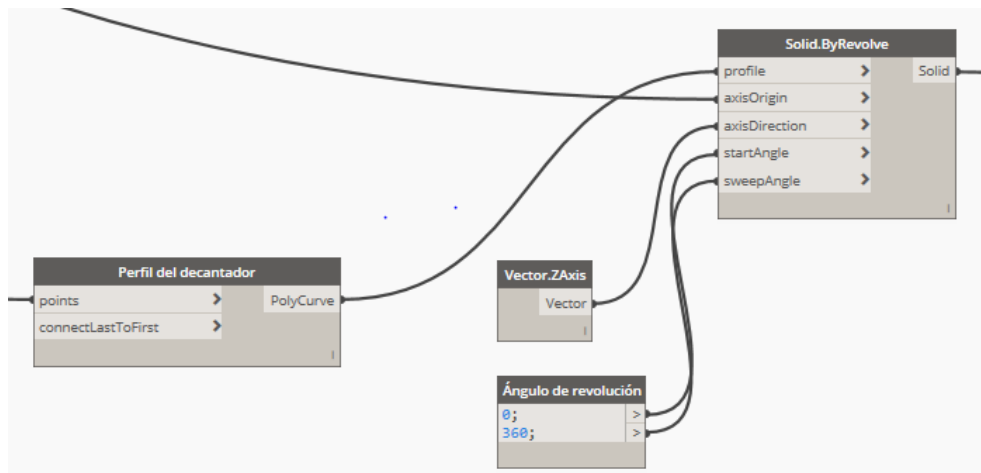
A continuación, como vamos en busca de la generación de un sólido 3D, primero generamos una polilínea que nos una todas las líneas que hemos creado. Usamos el nodo PolyCurve y solamente necesitamos introducir una lista que tenga todas las líneas (Ilustración 78). Como tenemos diez líneas, la lista tendrá diez inputs.

Ilustración 78- Creación de la geometría



Con esto ya tenemos una polilínea que conforma el perfil de nuestra sección parametrizada. Ahora para generar el sólido, acudimos al nodo Solid.ByRevolve que nos genera un sólido por revolución. Al estar estudiando el caso de un vaso de decantador, esta forma de generarlo es la más conveniente ya que existe simetría axial. Los datos de entrada deben ser el perfil al que se desea aplicar la revolución, el origen del eje de revolución (emplearemos el punto de referencia), la dirección del eje (eje Z) y los ángulos inicial y final. Para ver cómo sería esta parte del proceso, se adjunta la Ilustración 79.

Ilustración 79- Generación del objeto 3D



5.2.2 GENERACIÓN FAMILIA

Una vez realizado el proceso de generación del sólido 3D, pasamos a generar la familia correspondiente al Decantador para poder así introducirle propiedades. Se ha probado importando el decantador en REVIT como una geometría, pero haciendo esto no obtenemos el mismo potencial que generando una familia.

En primer lugar, vamos a ver lo que sucede si lo importamos directamente como una geometría. Aquí tenemos dos opciones.

- Primera opción: en esta opción usaremos el nodo Import.ByGeometry (Ilustración 80). En este caso el resultado es que el decantador aparece como un bloque que no podemos modificar, como podemos ver en la Ilustración 81.

Ilustración 80- Primera opción

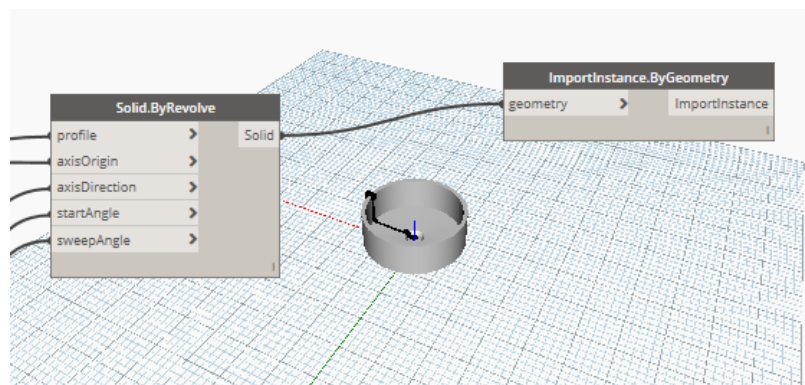
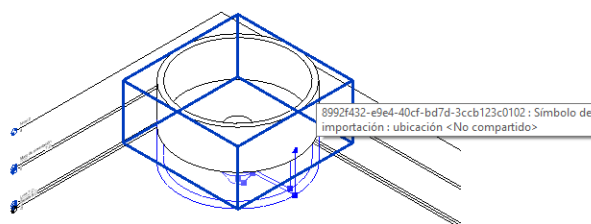


Ilustración 81- Resultado



- Segunda opción: usaremos el nodo Import.ByGeometries (Ilustración 82). En este caso, vuelve a aparecer el decantador como un bloque, pero al no estar asociado a una familia, de nuevo la capacidad de interacción con este elemento es prácticamente nula. Sería un objeto 3D, pero no sería un elemento BIM con información asociada (Ilustración 83).

Ilustración 82- Segunda opción

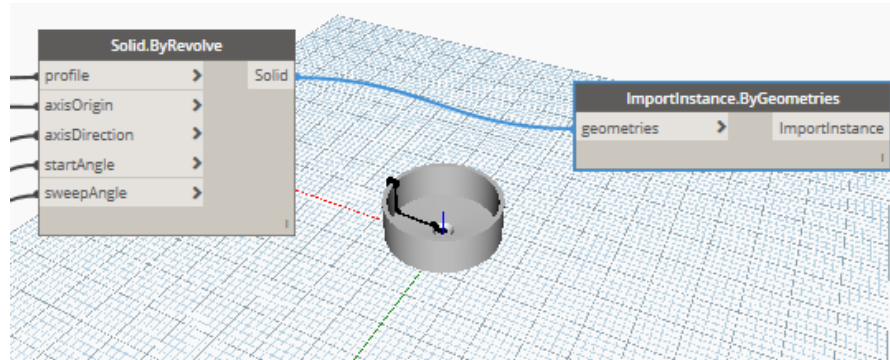
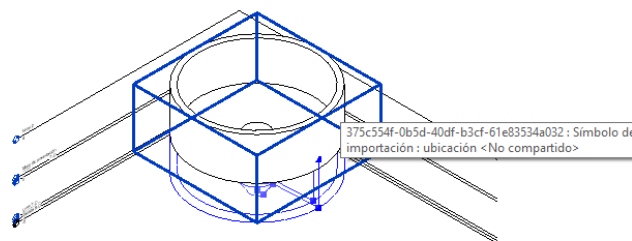
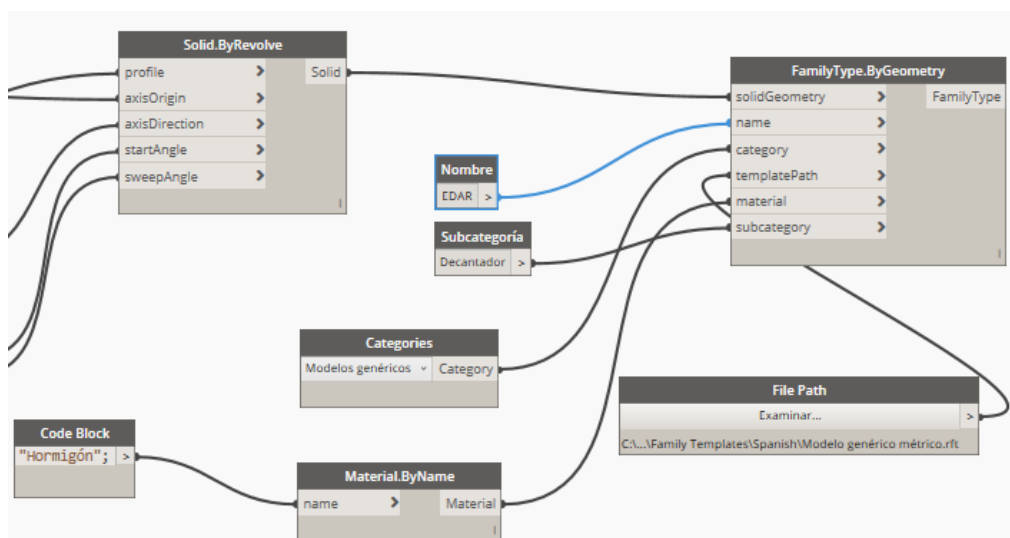


Ilustración 83- Resultado



Visto esto, pasamos a describir el proceso mediante el cual creamos la familia de decantadores y generamos el elemento en REVIT. Para ello, el nodo que vamos a emplear es FamilyType.ByGeometry (Ilustración 84). En este nodo tenemos una serie de inputs en los que es muy importante prestar atención. Tenemos algunos que son string (name, templatePath y subcategory) y los podemos nombrar como queramos. Sin embargo, el resto son un tipo de nodos concreto y necesitamos escoger los adecuados, ya que están relacionados con la información que tenemos dentro del proyecto de REVIT (categorías y materiales).

Ilustración 84- Creación Familia Decantadores



Empezamos por el input name. En este caso, creamos un string con el nombre que le asignemos a la familia creada. A continuación, tenemos category. Para este dato de entrada tenemos que acudir al nodo Categories, en el que nos van a aparecer todas las categorías de familias que tenemos en el proyecto. Escogeremos la

categoría de Modelos genéricos, que es adecuada para estos elementos generados. Por otra parte, dijimos antes que para el input `templatePath` podríamos generar un string y ponerle cualquier nombre. Sin embargo, tras varios intentos se ha comprobado que no era posible con este nodo y hemos acudido al de `FilePath` con el que podemos seleccionar un archivo desde una dirección de trabajo concreta. La dirección donde se encuentra referenciado este archivo es "C:\ProgramData\Autodesk\RVT 2019\Family Templates\Spanish\Modelo genérico métrico.rft" que en el caso de que tengamos la configuración por defecto de REVIT, se encontrará en esa misma ruta. Para el material, debemos usar un nodo que nos devuelva un material. Una forma de hacerlo sería seleccionando un elemento dentro de REVIT que tenga asociado un material, llevárnoslo a DYNAMO y aquí extraerle el material con un nodo adecuado (`Element.GetMaterials`). Pero como con este flujo de trabajo se intenta automatizar lo máximo posible, para obtener el material colocamos un Code Block en el que metemos el nombre del material (debe existir) entre comillas y referenciamos así el material para incluirlo como input. Si queremos ofrecer la posibilidad de introducir este dato como dato de entrada al ejecutar la rutina desde el Reproductor de DYNAMO, debemos usar un string. Por último, nos quedaría subcategory. Este input vuelve a ser un string, y hace referencia al nombre que tendrá dicho elemento una vez generada la familia (Decantador).

El resultado final que tenemos en REVIT es un decantador generado a partir de una familia nueva de elementos a la cual accedemos a través del menú de familias. Para encontrarla, debemos acceder desde el navegador de proyectos. Desplegando la pestaña Familias >> Modelos genéricos >> EDAR >> EDAR, podemos colocar el decantador en el punto que sea necesario. Una vez que encontremos la segunda vez EDAR, hacemos clic derecho sobre el nombre y seleccionamos crear ejemplar, y ya nos aparece el decantador (Ilustración 85).

Ilustración 85- Resultado final

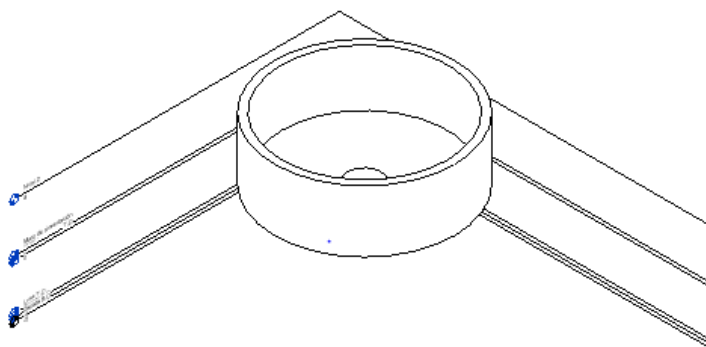
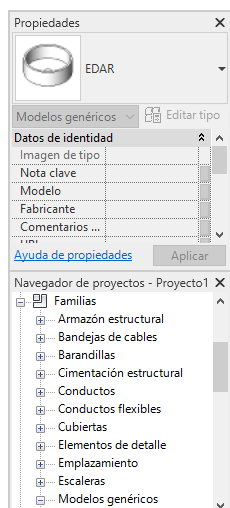


Ilustración 86.- Decantadores colocados. Vista en planta

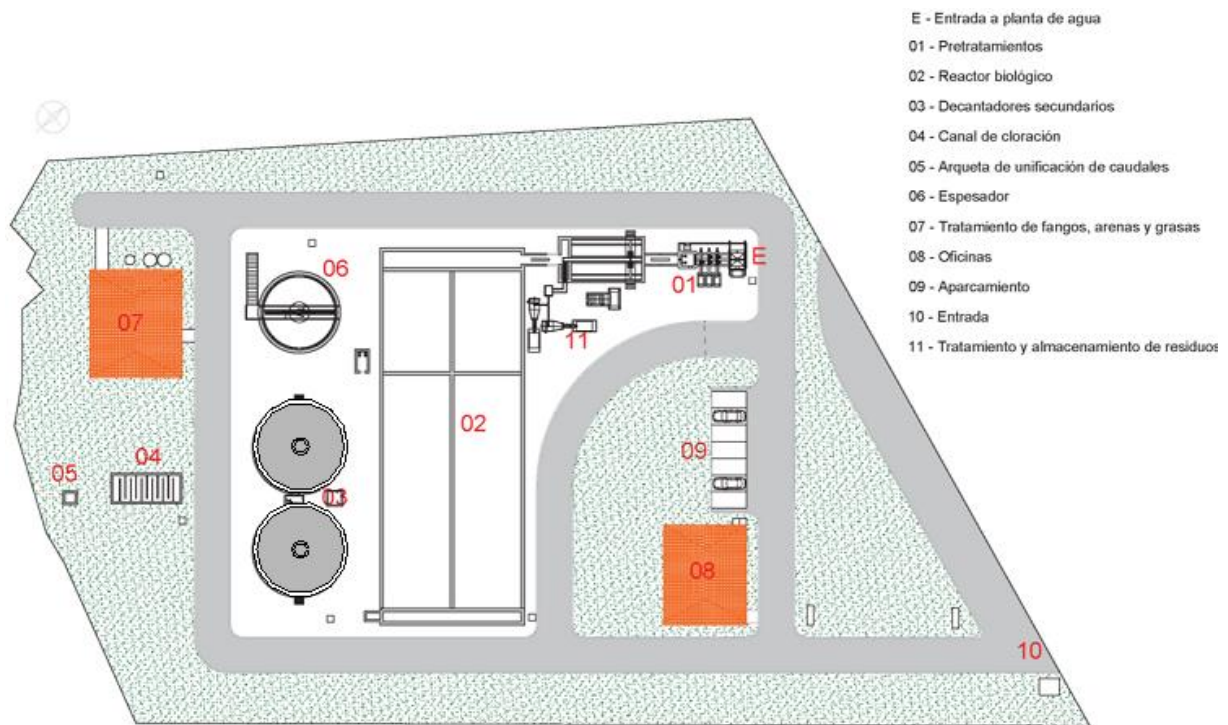
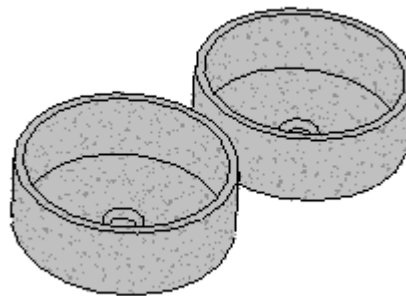


Ilustración 87.- Decantadores colocados. Vista en 3D



NOTA: Hay que tener especial cuidado con las unidades del dibujo. DYNAMO trabaja con números sin unidades, ya que se refieren a las unidades del proyecto con las que estemos trabajando.

5.3 AÑADIR PARÁMETROS A UN MODELO BIM EXISTENTE

Como hemos ido introduciendo anteriormente, una de las principales funciones que nos ofrece este software que estamos empleando es la gestión de información dentro del modelo. Esta información debe estar asociada a una serie de parámetros que a su vez están relacionados con los elementos contenidos dentro del modelo. De esta forma, se ha decidido realizar un ejemplo en el que el objetivo principal sea la creación de nuevos parámetros para después poder identificarlos y añadirles los datos desde una hoja Excel, por ejemplo, evitando de esta forma tener que ir introduciendo individualmente cada uno. Esta rutina por tanto agilizaría el proceso de introducción de información en el modelo, la cual hace que tengamos un proyecto completo y es uno de los pilares esenciales dentro de la tecnología BIM.

A continuación, pasaremos a describir el proceso a seguir para generar el programa que nos permita añadir estos parámetros automáticamente. Para ello, se ha realizado un ejemplo con la categoría de Muros. Se ha decidido dividir los parámetros según su contenido y lo que representan, teniendo así parámetros de tipo y parámetros de ejemplar divididos en grupos para así tener una mejor organización.

5.3.1 PARÁMETROS POR DEFECTO

En primer lugar, vamos a señalar los parámetros que vienen por defecto. Para ello, debemos realizar la investigación dentro de un tipo concreto. Analizaremos el tipo de muro Genérico – 200 mm (es el que hemos empleado de base en otros ejemplos) que corresponde a la familia Muro Básico.

Los parámetros de tipo que tenemos son los que podemos ver en la Ilustración 88. Dentro de estructura nos encontramos con las capas que definen el tipo de muro que estamos analizando. En este caso, las capas son las que podemos ver en la Ilustración 89. Esta parte es muy importante ya que define la composición del muro, junto con su espesor lo cual tendremos en cuenta cuando queramos modelar muros de diferentes espesores o con distintas capas.

Ilustración 88.- Parámetros de tipo

Parámetros de tipo	
Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	Editar...
Envoltura en inserciones	Sin envoltura
Envoltura en extremos	Ninguno
Anchura	200.0
Función	Exterior
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	<Por categoría>
Propiedades analíticas	
Coefficiente de transferencia de calor (U)	
Resistencia térmica (R)	
Masa térmica	
Absortancia	0.700000
Aspereza	3
Datos de identidad	
Imagen de tipo	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	
Descripción de montaje	
Código de montaje	
Marca de tipo	
Clasificación para incendios	
Costo	

Ilustración 89.- Estructura

Editar montaje

Familia: Muro básico
 Tipo: Genérico - 200 mm
 Grosor total: 200.0
 Resistencia (R): 0.0000 (m²·K)/W
 Masa térmica: 0.00 kJ/K

Altura de muestra: 6000.0

Capas

CARA EXTERIOR				
	Función	Material	Grosor	Material estructural
1	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por encim	0.0	
2	Estructura [1]	<Por categoría>	200.0	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por debaj	0.0	

CARA INTERIOR

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Envoltente por defecto
 En las inserciones: Sin envoltente
 En los extremos: Ninguno

Modificar estructura vertical (sólo en vista previa de sección)

Modificar Fusionar regiones Barridos
 Asignar capas Dividir región Telares

<< Vista previa Aceptar Cancelar Ayuda

Por otra parte, tenemos también las propiedades del ejemplar. Estas propiedades son las que podemos ver en la Ilustración 90.

Ilustración 90.- Parámetros de ejemplar

Propiedades

Muro básico
 Genérico - 200 mm

Muros (1) Editar tipo

Restricciones

Línea de ubicación	Eje del muro
Restricción de base	Nivel 2
Desfase de base	0.0
La base está enlazada	<input type="checkbox"/>
Distancia de extensió...	0.0
Restricción superior	No conectada
Altura desconectada	4000.0
Desfase superior	0.0
La parte superior est...	<input type="checkbox"/>
Distancia de extensió...	0.0
Delimitación de habi...	<input checked="" type="checkbox"/>
Relacionado con masa	<input type="checkbox"/>

Estructura

Estructura	<input type="checkbox"/>
Activar modelo analí...	<input type="checkbox"/>
Uso estructural	No portante

Cotas

Longitud	11300.0
Área	45.200 m ²
Volumen	9.040 m ³

Datos de identidad

Imagen	
Comentarios	
Marca	

Proceso por fases

Fase de creación	Fase 1
Fase de derribo	Ninguno

Como podemos ver analizando todos estos parámetros, echamos en falta algunos datos de los que podría ser interesante disponer al seleccionar un muro. Por ejemplo, podríamos tener información correspondiente al

material como puede ser la resistencia a compresión a los 28 días, fecha de inicio y fin de la ejecución del ejemplar en cuestión, número de lote de control... Estos datos, que son específicos de cada obra, podríamos añadirlos para así completar el modelo.

5.3.2 PARÁMETROS A AÑADIR

De esta forma, los parámetros que se han considerado oportunos añadir en este ejemplo son los siguientes, divididos en cada grupo.

- Parámetros de tipo. Aquí vamos a añadir parámetros que son comunes a todos los muros que se vayan a ejecutar.

Grupo CONSTRUCCIÓN:

- Código de unidad de obra (texto)
- Control de calidad (texto)
- Rendimiento (número)
- Cuantía geométrica mínima (número)
- Pliego de prescripciones técnicas (URL)
- Control de materiales (URL)
- Control de ejecución (URL)

Grupo PROCESO POR FASES:

- Fase de construcción (texto)
- Necesidad de encofrado (Sí/No)

Grupo ESTRUCTURA:

- Ambiente (texto)
- Resistencia a compresión a 28 días (Fuerza superficial)
- Recubrimiento mínimo (Recubrimiento de la armadura)

- Parámetros de ejemplar. Son parámetros individuales de cada muro que se ejecute, y que pueden variar entre dos muros.

Grupo CONSTRUCCIÓN

- Ambiente (texto)
- Fecha inicio (texto)
- Fecha terminación (texto)
- Tamaño máximo del árido (texto)
- Control del material (texto)
- Número de lote de control (texto)
- Armadura mínima (Área de armadura)
- Resistencia a compresión a 28 días (Fuerza superficial)
- Ejecución (número)

Grupo PROCESO POR FASES

- Tipo de encofrado (texto)

Con todos estos parámetros mencionados anteriormente, donde entre paréntesis aparece el tipo de parámetro que es, podemos definir por completo el tipo de muro que vayamos a generar y cada ejemplar que vayamos a colocar en el modelo. En cuanto a los parámetros que son del tipo URL, se ha escogido este tipo porque al no tener la posibilidad de añadir un PDF al proyecto de REVIT, se ha planteado la opción de añadir una ruta que hace referencia a dicho documento. De esta forma, aunque habría que realizar un paso intermedio el resultado sería el mismo. Tenemos también el parámetro de Resistencia a compresión a 28 días, para el que se ha escogido el tipo Fuerza superficial. Esto es porque dentro de los tipos de parámetros que nos ofrece REVIT es el único que tiene las unidades correspondientes a la resistencia del hormigón (MPa), aunque hay que introducir el valor en KPa pues las unidades son kN/m². En cuanto al resto de parámetros, se han escogido según el valor esperado que se va a introducir siendo en algunos casos textos y en otros, números. En cualquier caso, estos parámetros pueden modificarse e incluso se pueden añadir nuevos.

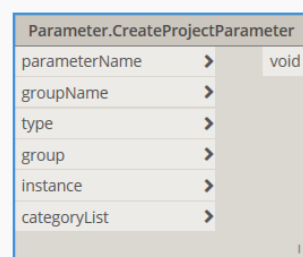
5.3.3 CREACIÓN DE PARÁMETROS CON DYNAMO

A continuación, pasamos a describir cuáles son los nodos necesarios que tenemos que utilizar para poder generar la rutina adecuadamente.

El nodo empleado para ello es `Parameter.CreateProjectParameter`, que podemos encontrarlo dentro de la librería de DYNAMO en la ruta REVIT >> Elements >> Parameter. Existe otro nodo con el que podemos crear el parámetro para todas las categorías del proyecto de REVIT, pero en este caso nos interesa particularizar en la de Muros. Como podemos ver en la Ilustración 91, las entradas que necesitamos son las siguientes:

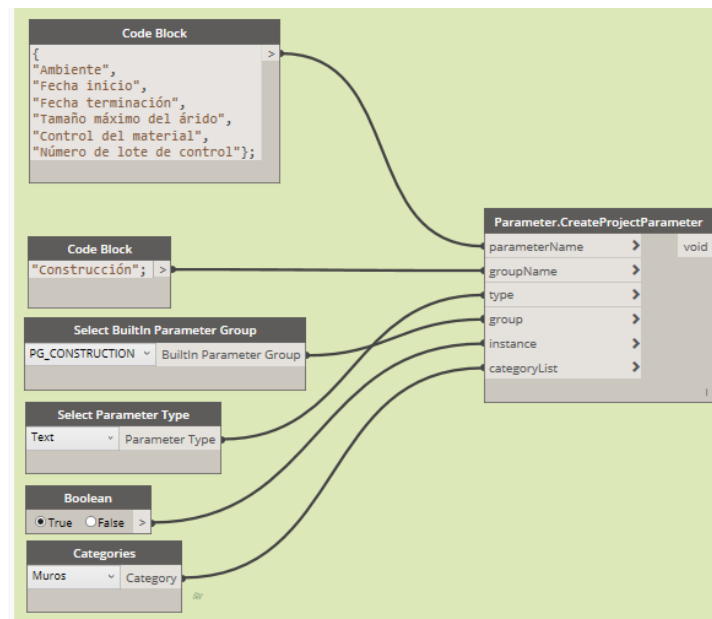
- Nombre del parámetro. Es el nombre que va a tener el parámetro que vamos a introducir. La entrada debe ser una cadena de texto.
- Nombre del grupo. Nombre del grupo de parámetros compartidos. La entrada debe ser una cadena de texto.
- Tipo. En este apartado seleccionamos el tipo de parámetro que vamos a introducir. Por ejemplo, puede ser del tipo Longitud, Material, URL... La entrada debe ser el nodo `Select Parameter Type`.
- Grupo. Aquí seleccionamos el grupo en el que se va a encontrar el parámetro dentro de las propiedades del tipo o del ejemplar. Estos grupos son construcción, proceso por fases, estructura... La entrada debe ser el nodo `Select BuiltIn Parameter Group`.
- Instance. Seleccionamos si queremos que el parámetro sea de ejemplar o sea de tipo. La entrada debe ser con el nodo `Boolean`, que hace referencia a una condición booleana de `True` o `False`.
- Categoría. Por último, tenemos que seleccionar la categoría a la que le queremos asignar los parámetros de proyecto generados.

Ilustración 91.- Crear parámetros



Para que funcione este nodo, todas las entradas deben estar completas. Una ventaja que tenemos generándolo desde DYNAMO en vez de a través de REVIT es que no tenemos el problema de tener que establecer la disciplina del parámetro. Al establecer la disciplina se reducían los tipos de parámetros disponibles y en caso de no tener un cierto grado de conocimiento sobre estas disciplinas, se hacía difícil encontrar el que buscamos. De esta forma, tenemos todos los parámetros dentro de un nodo, el nodo `Select Parameter Type`. En la Ilustración 92 podemos ver un ejemplo de cómo quedarían estas entradas junto con el nodo que genera los parámetros.

Ilustración 92.- Rutina



5.3.4 RESULTADO

Para comprobar que hemos obtenido el resultado deseado, ejecutamos el programa y luego, abrimos las propiedades de un tipo de muro (Genérico – 200 mm, por ejemplo) y las de un ejemplar introducido en el modelo.

En la Ilustración 93 vemos las nuevas propiedades del tipo de muro básico, Genérico – 200 mm.

Ilustración 93.- Nuevos parámetros de tipo

Parámetros de tipo	
Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	Editar...
Envolverte en inserciones	Sin envolverte
Envolverte en extremos	Ninguno
Anchura	200.0
Función	Exterior
Pliego de prescripciones técnicas	
Control de materiales	
Control de ejecución	
Rendimiento	
Cuántia geométrica mínima	
Código de unidad de obra	
Control de calidad	
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	<Por categoría>
Estructura	
Recubrimiento mínimo	
Resistencia a compresión a 28 días	
Ambiente	

Estructura		^
Recubrimiento mínimo		
Resistencia a compresión a 28 días		
Ambiente		
Propiedades analíticas		^
Coeficiente de transferencia de calor (U)		
Resistencia térmica (R)		
Masa térmica		
Absortancia	0.700000	
Aspereza	3	
Datos de identidad		^
Imagen de tipo		
Nota clave		
Modelo		
Fabricante		
Comentarios de tipo		
URL		
Descripción		
Descripción de montaje		
Código de montaje		
Marca de tipo		
Clasificación para incendios		
Costo		
Proceso por fases		^
Necesidad de encofrado	<input checked="" type="checkbox"/>	
Fase de construcción		

Por otra parte, en la Ilustración 94 vemos las propiedades de ejemplar nuevas tras la ejecución de la rutina.

Ilustración 94.- Propiedades de ejemplar

Propiedades

Muro básico

Genérico - 200 mm

Muros (1)

Restricciones

Línea de ubicación

Eje del muro

Restricción de base

Nivel 2

Desfase de base

0.0

La base está enlazada

☐

Distancia de extensió...

0.0

Restricción superior

No conectada

Altura desconectada

4000.0

Desfase superior

0.0

La parte superior est...

☐

Distancia de extensió...

0.0

Delimitación de habi...

☒

Relacionado con masa

☐

Construcción

Ejecución

Ambiente

Fecha inicio

Fecha terminación

Tamaño máximo del...

Control del material

Número de lote de c...

Armadura mínima

Resistencia a compr...

Estructura

Estructura

Activar modelo analí...

Uso estructural

No portante

Cotas

Longitud

17600.0

Área

71.530 m²

Volumen

14.207 m³

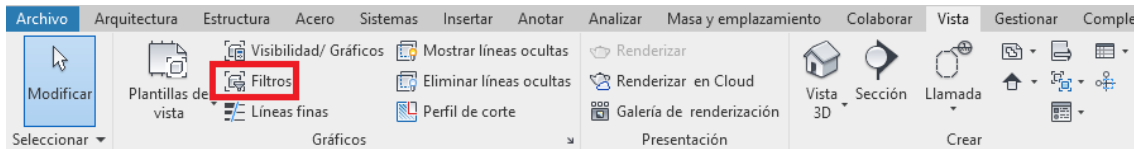
Datos de identidad		⌵
Imagen		
Comentarios		
Marca		
Proceso por fases		⌵
Tipo de encofrado		
Fase de creación	Fase 1	
Fase de derribo	Ninguno	

5.4 CREAR FILTROS EN UN MODELO BIM EXISTENTE

Cuando tenemos un modelo extenso con muchos elementos, a veces resulta complicado poder manejar toda la información disponible. Además de añadir información, el empleo de parámetros en los elementos de REVIT también nos puede servir para diferenciar unos de otros atendiendo a una serie de características concretas. De esta forma, en el software REVIT tenemos una herramienta llamada filtros que podemos emplearla para cribar los elementos del modelo y quedarnos con la información que nos interesa.

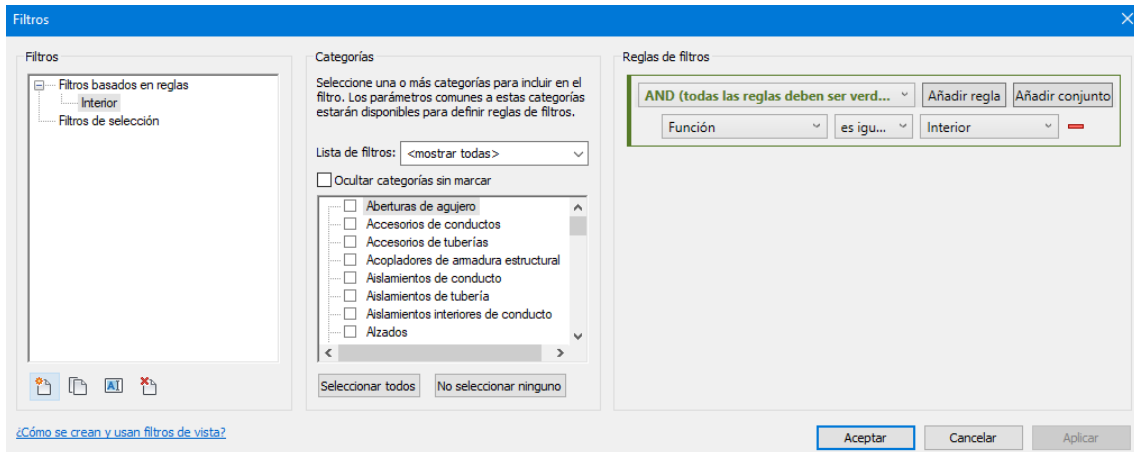
Un filtro es una herramienta que afecta a la vista en la que nos encontramos, por lo que podremos encontrarlo dentro de la ficha de Vista, en el grupo de Gráficos como vemos en la Ilustración 95.

Ilustración 95.- Filtros



Accediendo a esta herramienta, nos aparece una nueva ventana (Ilustración 96) donde tenemos que indicar las propiedades del filtro según el objetivo que busquemos.

Ilustración 96.- Crear filtros



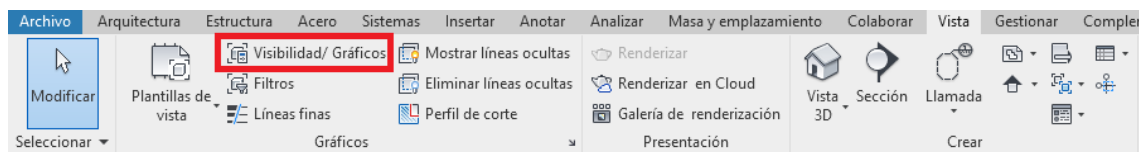
Las principales características que debe tener un filtro son las siguientes:

- **Categoría.** Con esto indicamos la categoría cuyos elementos van a verse afectados por el filtro generado.
- **Parámetro.** Debemos seleccionar el parámetro mediante el cual queremos filtrar los elementos.
- **Condición.** Indicamos la condición que queremos que se establezca para saber qué elementos verifican el filtro y cuáles no. Las condiciones que tenemos disponibles son: igual que, contiene, no contiene, mayor o igual que, menor o igual que, menor que, mayor que, empieza por, termina por... Con todas estas posibilidades que tenemos podemos generar el filtro que necesitamos.
- **Valor de comparación.** Por último, debemos añadir el valor con el que queremos que compare la información introducida en el parámetro. Aquí tenemos un condicionante y es que solo podemos elegir un valor de comparación que exista previamente en el proyecto de REVIT, no podemos generar uno nuevo.

Como podemos ver, la creación de un nuevo filtro es un proceso iterativo que puede resultar interesante programar dentro de DYNAMO.

Una vez generado el filtro, ahora nos queda la parte de visualización del resultado. Para ello, tenemos que acceder a los gráficos que los encontramos en el mismo grupo que la herramienta de filtros como vemos en la Ilustración 97.

Ilustración 97.- Gráficos



Accediendo a esta casilla, debemos ir a la ventana de Filtros donde tendremos que añadir el filtro que queremos aplicar e ir indicando las propiedades de visualización que queremos que tenga.

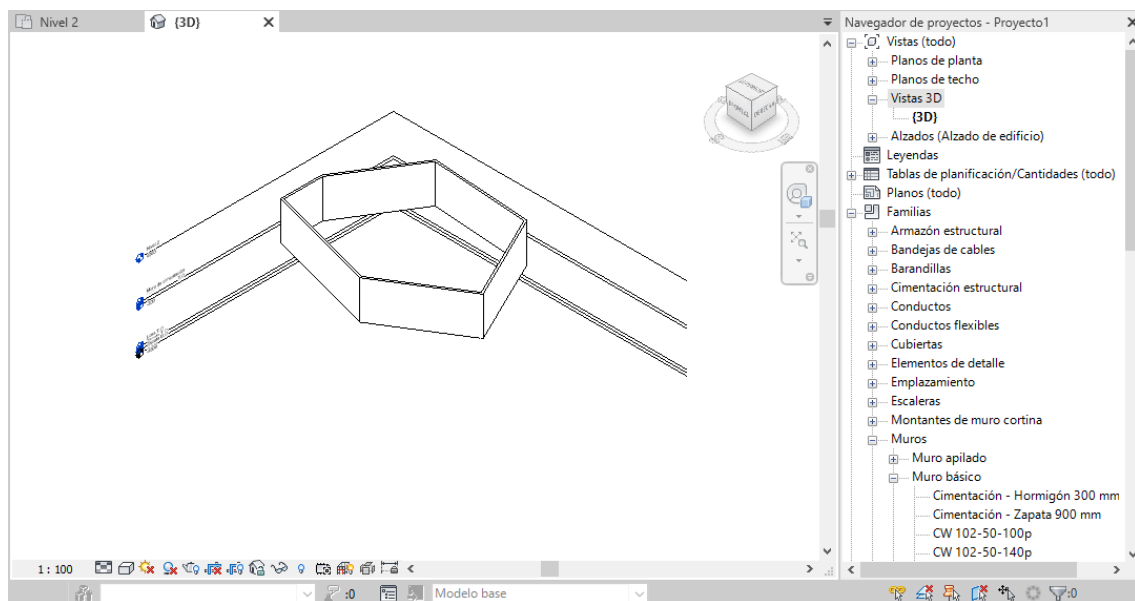
De igual forma que para la creación de los filtros, este proceso vuelve a ser repetitivo. Por tanto, una vez que conocemos el patrón de relleno todo se basa en añadir filtros continuamente. Además, si queremos que estos filtros se apliquen concretamente en una vista para tenerlos diferenciados, también tenemos que ir duplicando la vista cada vez que apliquemos un filtro.

Para evitar este proceso tan repetitivo y tedioso, se ha generado una nueva rutina que nos permita alcanzar este objetivo con unos sencillos pasos de manera efectiva y eficaz. Para ofrecer las mismas prestaciones que REVIT se ha decidido crear dos programas. Estos dos únicamente difieren en la introducción del dato de entrada.

5.4.1 ALTERNATIVA 1

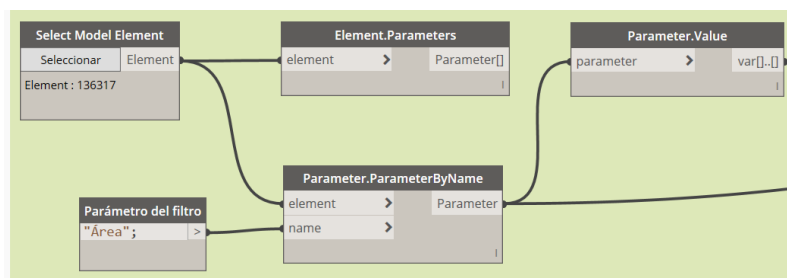
En el primer programa, el dato del valor de comparación lo introducimos a través del valor del parámetro que contiene un elemento del modelo. De esta forma, para llegar al resultado tenemos que seleccionar el elemento del cual queremos extraer la información del parámetro para tener como valor de comparación. Para poder ver mejor el proceso seguido, vamos a realizar un ejemplo con el área de muros. Inicialmente, nos encontramos con el modelo que podemos ver en la Ilustración 98.

Ilustración 98.- Ejemplo



Seleccionamos primero el muro cuya área queremos utilizar como valor de comparación, y extraemos esta información. En la Ilustración 99 vemos los nodos empleados para extraer este parámetro.

Ilustración 99.- Extraer parámetro

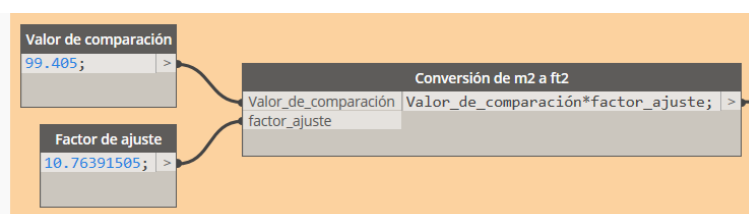


Una vez tenemos como salida el valor del área de ese muro seleccionado, podemos continuar con la creación del filtro teniendo ya el valor de comparación.

5.4.2 ALTERNATIVA 2

En cuanto al segundo programa, en este caso no sería necesario seleccionar ningún elemento del modelo de REVIT. Sin embargo, para la rutina sí hemos necesitado seleccionar un elemento del modelo para poder extraer el parámetro que queremos usar para aplicar el filtro. Otra opción podría ser extraer el parámetro si previamente hemos seleccionado el tipo de elemento que posee el parámetro que queremos emplear en el filtro. Se ha decidido emplear la primera opción porque es más visual extraerlo a partir de señalar en el modelo el tipo de elemento que queremos filtrar. Una vez sabido esto, la diferencia está en que la entrada del valor de comparación es ahora la que decidamos. En la Ilustración 100 podemos ver un ejemplo.

Ilustración 100.- Valor de comparación



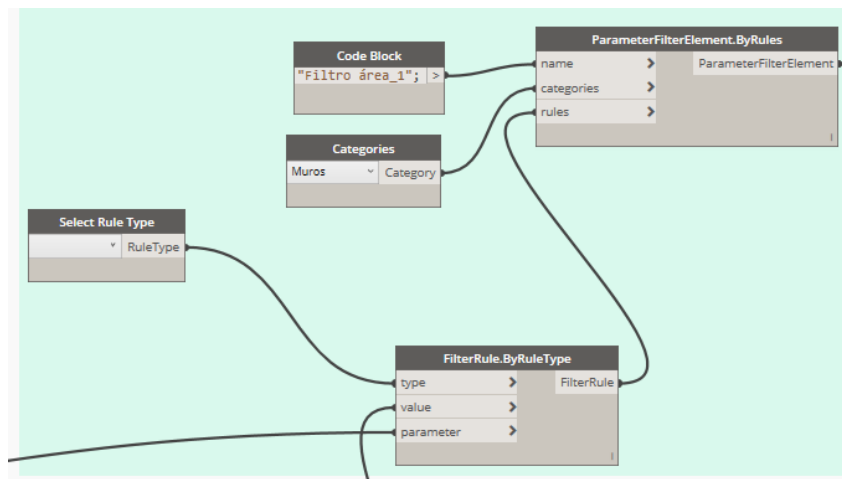
5.4.3 GENERAMOS EL FILTRO

Hay que destacar que, tras varios intentos, en este apartado se ha detectado un error dentro del nodo que genera el filtro. El error es que tras extraer el valor del área que queremos que utilice el filtro como comparación, al ejecutarlo a través del nodo correspondiente en DYNAMO nos devuelve un valor de comparación inferior. De esta forma, se tiene que añadir un factor de corrección que toma un valor de 10.763915 (ver Ilustración 100). Analizando el factor que tenemos, vemos que es la relación existente entre metros cuadrados y pies cuadrados ($10.76391505 \text{ ft}^2 = 1 \text{ m}^2$). Por lo tanto, podemos deducir que el error es debido a que internamente el software no realiza de forma adecuada el cambio de unidades. Cuando decidimos cambiar las unidades de proyecto, estamos modificando las unidades que va a tener nuestro proyecto concretamente, pero esto no hace que se modifiquen las unidades que internamente tiene asociadas REVIT para realizar los comandos. Esto solamente llevará a realizar al final un cambio de unidades para que podamos verlas según hemos indicado. Dentro del nodo que usamos para introducir la regla (FilterRule.ByRuleType), detecta el valor del área con unidades de pies cuadrados y para convertirlo a metros cuadrados, divide entre 10.76391505. Por lo tanto, para corregir este error debemos multiplicar el valor de comparación por el factor de conversión. Una posible solución sería hacerlo mediante el nodo propio de REVIT denominado Convert Between Units. Sin embargo, tras comprobar el resultado obtenido vemos que no resulta ser muy preciso y, por lo tanto, es conveniente introducir el factor de conversión manualmente. Una vez realizado este apunte, podemos continuar con la rutina.

El siguiente paso es la creación de la regla o filtro. Para ello, tenemos que emplear el nodo FilterRule.ByRuleType. Los datos de entrada a este nodo serán el tipo de condición que queremos, el valor de comparación y el parámetro. Como dijimos antes, estas son las principales características a tener en cuenta en la creación de filtros. Solamente nos quedaría la categoría, que la determinaremos más tarde. Para asignar el tipo de condición, tenemos que emplear el nodo Select Rule Type con el que nos aparecen las mismas condiciones que indicamos anteriormente. Con este nodo también se ha detectado un problema y es que, usando la condición Greater or Equal, no funciona el programa. El motivo por el cual no podemos usar esta regla de comparación puede ser porque dentro del nodo el nombre aparece mal escrito ("GeaterorEqual" en

vez de “GreaterorEqual”). Si nos fijamos en el resto sí aparecen bien escritos, respetando incluso las mayúsculas. Por lo tanto, si este nodo emplea directamente los nombres que nos aparecen en la cinta podemos decir que el fallo está en un error gramatical. Tras crear la regla, tenemos que crear el filtro usando el nodo `ParameterFilterElement.ByRules`. En este nodo, las entradas serán el nombre del filtro, la categoría a la que se aplica y la regla que vamos a utilizar. En la Ilustración 101 podemos ver cómo quedaría este segundo paso dentro de DYNAMO.

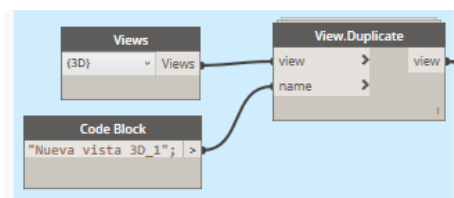
Ilustración 101.- Generación del filtro



5.4.4 DUPLICAMOS LA VISTA

A continuación, duplicamos la vista donde queremos que se muestre el filtro que estamos generando. Para ello utilizaremos el nodo `View.Duplicate` del paquete de `archi-lab.net` [50], donde los datos de entrada son el nombre que queremos que tenga la nueva vista y la vista que vamos a duplicar. Esta última debe introducirse con el nodo `Views`, donde nos aparecen todas las vistas disponibles en el proyecto de REVIT. En la Ilustración 102 podemos ver cómo sería dentro del entorno de DYNAMO.

Ilustración 102.- Vista duplicada



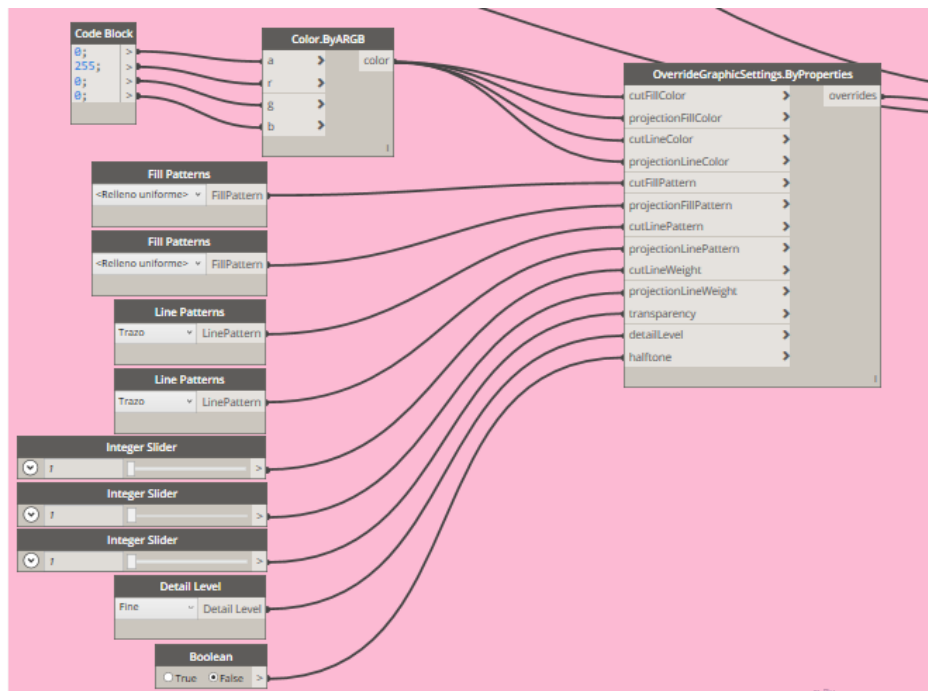
Una vez generada la vista, añadimos el filtro a la vista duplicada a través del nodo `View.AddFilter` donde las entradas deben ser el filtro generado y la vista duplicada.

5.4.5 PROPIEDADES VISUALES DEL FILTRO

Por último, nos queda señalar las características visuales del filtro aplicado. Para ello emplearemos dos nodos, uno para seleccionar las características visuales (patrones de relleno, colores...) y otro para aplicarle las características visuales definidas al filtro creado.

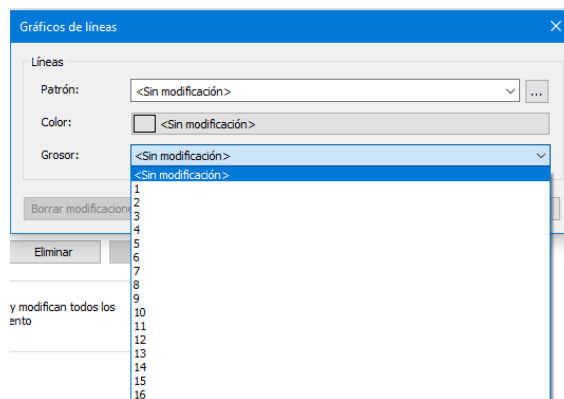
En primer lugar, el nodo que agrupa toda la información referente a las propiedades gráficas del filtro es `OverrideGraphicSettings.ByProperties`. En la Ilustración 103 podemos ver el nodo y sus entradas, que vienen a ser todas las características que teníamos que definir para la visualización del filtro. La combinación de opciones es muy amplia y puede adaptarse según nos interese.

Ilustración 103.- Propiedades gráficas del filtro



Como vemos, existen varios nodos que necesitan entradas concretas como son los correspondientes a los patrones ya que debemos seleccionar patrones existentes en el proyecto de REVIT. Por otra parte, existen otras entradas en las que podemos introducir números. En estas se ha decidido emplear el Integer Slider (números enteros) atendiendo a las posibilidades que nos ofrece REVIT. De esta forma, se ha empleado un rango para el Integer Slider correspondiente a projectLineWeight y a cutLineWeight de 1 a 16 con paso unidad porque es el rango de grosores que nos ofrece (ver Ilustración 104) para la entrada CutLineWeight y ProjectionLineWeight.

Ilustración 104.- Grosor de líneas de corte

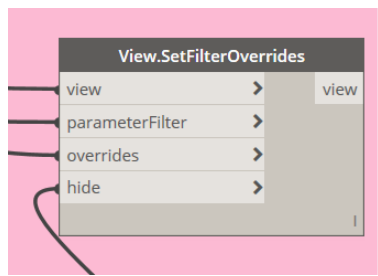


Por otra parte, para la transparencia se ha vuelto a usar un Integer Slider pero en este caso el rango varía de 0 a 100 con paso unidad, al igual que nos ofrece REVIT.

Con esto evitamos que se puedan producir errores en la introducción de estos datos.

Por último, usaremos el nodo View.SetFilterOverrides para asignarle estas propiedades gráficas al filtro generado. Para ello, las entradas son la vista, el filtro generado, las propiedades gráficas (es la salida del nodo OverrideGraphicSettings.ByProperties) y una condición booleana en la que indicamos si queremos que sea visible o no (ver Ilustración 105).

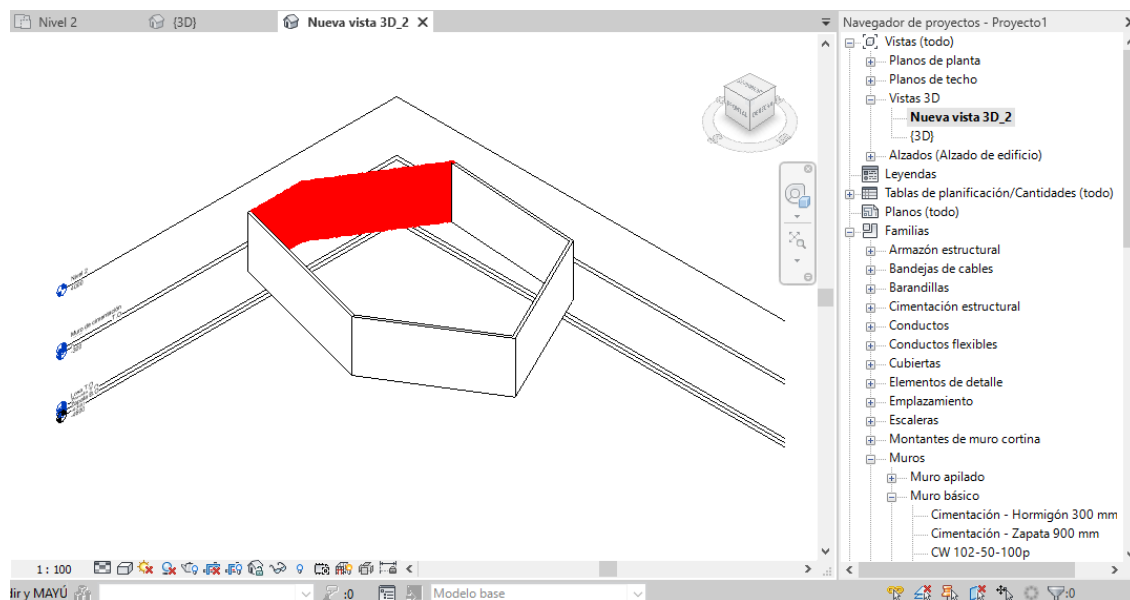
Ilustración 105.- Filtro



5.4.6 RESULTADO

Una vez ejecutada la rutina, veremos como en el navegador de proyectos se genera una nueva vista donde podemos ver el filtro aplicado. Seleccionando como condición de filtro “menor que” y un valor de comparación del área de 99.405 m², tenemos el resultado que vemos en la Ilustración 106.

Ilustración 106.- Resultado tras aplicar el filtro



5.5 DUPLICAR TIPOS DE MURO Y CAMBIAR SU ESPESOR

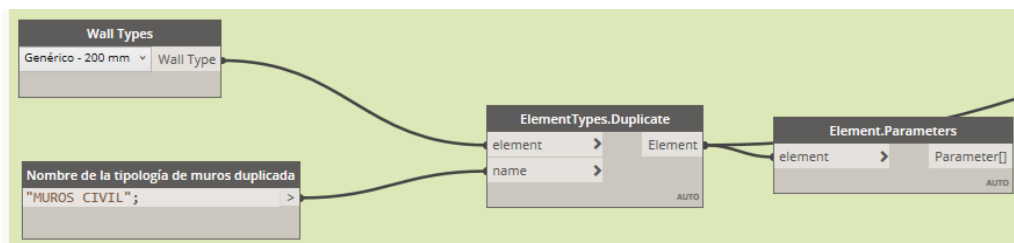
En este apartado pasaremos a generar dos rutinas que, aunque a priori parecen sencillas de ejecutar, luego cuando nos introducimos en el entorno de DYNAMO vemos que no lo son. El primer impedimento que nos encontramos es que no tenemos nodos específicos que ejecuten estos comandos. Es por ello que vamos a generar el programa con el que podamos modificar el espesor de los muros entrando en su estructura, y que a su vez podamos duplicar un tipo de muro.

Se ha decidido investigar cómo conseguir automatizar este proceso porque puede ser interesante introducir estos nodos dentro de una rutina. De esta forma, directamente podríamos duplicar el tipo de muro en el que estamos interesados y además, cambiar el espesor mediante un valor que introduzcamos. Si esto tuviéramos que hacerlo dentro del proyecto de REVIT antes de ejecutar la rutina, perdería potencial ya que no sería un proceso totalmente automatizado. Además, podríamos usar también una tabla Excel donde tengamos recogidos los nombres de los muros duplicados y sus espesores, para que así genere directamente varios tipos de muros.

5.5.1 DUPLICAR MURO

En primer lugar, vamos a analizar cómo podríamos duplicar un tipo de muro concreto. Al no existir un nodo propio de DYNAMO en su apartado de REVIT que genere directamente tipos de elementos duplicados, hemos tenido que acudir a los paquetes disponibles. De esta forma, dentro del paquete archi-lab.net en su versión 2019.2.25 [50], se ha encontrado un nodo denominado `ElementTypes.Duplicate` con el que podemos conseguir este objetivo. Los datos de entrada de este nodo son el tipo de elemento que queremos duplicar, que lo extraemos a partir de los existentes en el proyecto de REVIT, y el nombre del tipo de elemento nuevo. En este caso, al estar trabajando con muros, hemos empleado el nodo `Wall Types` para extraer el tipo de muro que queremos duplicar. En cuanto al nombre del muro, bastaría con emplear un string (cadena de texto) o un `CodeBlock` insertando el texto entre “” (debemos recordar que un `CodeBlock` no puede establecerse como dato de entrada para el reproductor de DYNAMO). Con esto ya habríamos duplicado el tipo y estaría disponible para poder generar ejemplares con sus características. En la Ilustración 107 vemos los nodos empleados para esto.

Ilustración 107.- Duplicar tipo de muro



5.5.2 CAMBIAR EL ESPESOR DE LAS CAPAS

Luego, pasamos a analizar el proceso a seguir para poder modificar los espesores de las capas de la estructura de un tipo de muro. En este caso, tampoco disponemos de un nodo con el que podamos acceder directamente a las capas de un tipo de familia que tiene estructura compuesta. Para resolver este problema se ha empleado el paquete de Clockwork en su versión 2.1.2 [51] gracias al cual tenemos un nodo con el que podemos solventar este impedimento. El nodo empleado se llama `FamilyType.SetCompoundLayerWidth`. Como su mismo nombre indica, nos permite establecer el espesor de una capa que pertenece a una estructura compuesta. Esto puede ser empleado por tanto en muros, suelos ... Las entradas de este nodo son el tipo de familia del cual queremos modificar la estructura, la capa cuyo espesor queremos modificar y el espesor final de la capa. Es muy importante señalar que el índice de la capa debemos tenerlo controlado. El número que introduzcamos como entrada se corresponde con el número al que se corresponde la capa, considerando solo las capas cuyo espesor puede modificarse. De esta forma, la primera capa que puede modificarse tendría un índice 0, la segunda tendría un índice 1 y así sucesivamente. Para aclarar un poco más el número del índice que debemos emplear, en la Ilustración 108 podemos ver un ejemplo del orden que se establece, donde los índices de las capas aparecen en rojo.

Ilustración 108.- Índice de las capas

Familia: Muro básico
 Tipo: CW 102-50-140p
 Grosor total: 0.3040
 Resistencia (R): 1.1771 (m²·K)/W
 Masa térmica: 34.40 kJ/K

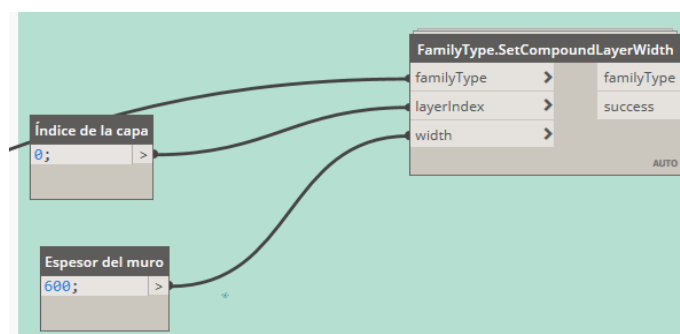
Altura de muestra: 6.0000

Capas

	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Material estructural
0	1 Acabado 1 [4]	Ladrillo, común	0.1020	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2 Capa térmica/de aire [3]	Relleno de cavidad	0.0500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	3 Capa membrana	Resistente al vapor	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	4 Contorno del núcleo	Capas de envoltente por enci	0.0000		
3	5 Estructura [1]	Bloques de hormigón	0.1400	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	6 Contorno del núcleo	Capas de envoltente por debaj	0.0000		
4	7 Acabado 2 [5]	Tablero de muro de yeso	0.0120	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Por otra parte, las salidas de este nodo son el tipo de familia con el espesor de la capa modificado y otra donde nos indica si se ha conseguido modificar la capa (success toma el valor true) o no (success toma el valor false). En la Ilustración 109 vemos los nodos empleados dentro del entorno de DYNAMO.

Ilustración 109.- Cambiar el espesor de una capa de un muro



Para poder analizar mejor el funcionamiento de este nodo, vamos a realizar un ejemplo. El tipo de muro empleado será el CW 102-50-140p que posee todos los tipos de capas modificables que tenemos dentro de REVIT, salvo el substrato. De esta forma, añadiremos una nueva capa cuya función será substrato para así poder ver si es modificable o no. En la Ilustración 110 podemos ver la distribución de capas con sus respectivos espesores por defecto.

Ilustración 110.- Capas de la estructura del muro

Familia: Muro básico
 Tipo: CW 102-50-140p
 Grosor total: 314.0
 Resistencia (R): 1.1771 (m²·K)/W
 Masa térmica: 34.40 kJ/K

Altura de muestra: 6000.0

Capas

	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Material estructural
1	Acabado 1 [4]	Ladrillo, común	102.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Capa térmica/de aire [3]	Relleno de cavidad	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Capa membrana	Resistente al vapor	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por enci	0.0		
5	Estructura [1]	Bloques de hormigón	140.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por debaj	0.0		
7	Substrato [2]	< Por categoría >	10.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Acabado 2 [5]	Tablero de muro de yeso	12.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ilustración 111.- Ejemplo en DYNAMO

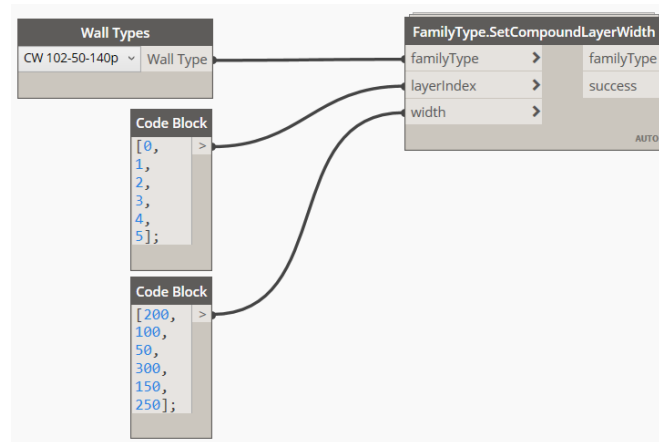


Ilustración 112.- Resultado

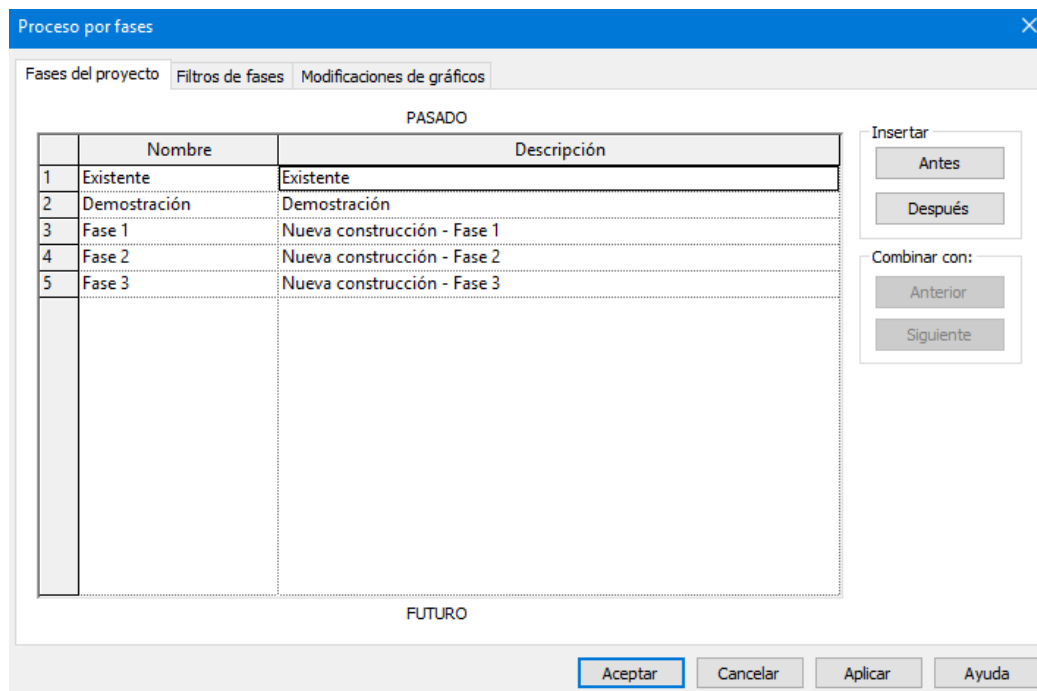
Familia:	Muro básico	
Tipo:	CW 102-50-140p	
Grosor total:	1000.0	
Resistencia (R):	2.7099 (m²·K)/W	Altura de muestra: 6000.0
Masa térmica:	90.52 kJ/K	

Capas					
CARA EXTERIOR					
	Función	Material	Grosor	Envoltorios	Material estructural
1	Acabado 1 [4]	Ladrillo, común	200.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Capa térmica/de aire [3]	Relleno de cavidad	100.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Capa membrana	Resistente al vapor	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Contorno del núcleo	Capas de envoltorio por encima	0.0		
5	Estructura [1]	Bloques de hormigón	300.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Contorno del núcleo	Capas de envoltorio por debajo	0.0		
7	Substrato [2]	<Por categoría>	150.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Acabado 2 [5]	Tablero de muro de yeso	250.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.6 CREAR PIEZAS

Una función interesante que nos ofrece REVIT es poder establecer la fase de creación y la fase de demolición de un elemento. Para acceder a estas fases, tenemos que ir dentro de nuestro proyecto de REVIT al grupo Gestionar, dentro de la ficha Proceso por fases. Aquí encontramos una casilla llamada Fases, en la que podemos encontrar todas las fases definidas en el proyecto. Por defecto, tenemos cinco fases al iniciar un nuevo proyecto que son las que vemos en la Ilustración 113.

Ilustración 113.- Fases



Por tanto, es inminente pensar que asignando a cada ejemplar su fase correspondiente podemos generar un plan de obra visual donde tenemos, según la fase establecida y el filtro de fase definido, una vista general del proceso constructivo. Este parámetro de fase se aplica al ejemplar completo.

Sin embargo, si avanzamos un poco más y nos situamos en la parte real de ejecución de la obra hay ciertos detalles que cambian. En vistas generales, el proceso constructivo seguido es el que marca el plan de obra que bien puede ser el que hemos seguido para describir las fases anteriormente y colocar cada elemento dentro de una fase. Pero en obra, puede ocurrir a veces que el elemento que dentro de REVIT hemos modelado se quede sin terminar ese día por algún motivo o que un elemento contenga hormigón perteneciente a dos lotes diferentes. En ese caso, no sería totalmente cierto el modelo de REVIT y, por tanto, pueden existir ciertas variaciones cuando estamos ejecutándolo en obra. También podría ser útil esta herramienta para la certificación realizada cada mes.

Dentro de REVIT disponemos para ello de una herramienta denominada Crear piezas, con la cual podemos dividir un elemento por un plano lo que nos serviría para el objetivo buscado. Sin embargo, este proceso a veces puede resultar complicado y si no se tiene un buen control de la herramienta puede resultar difícil de usar. Por otra parte, no existe un nodo dentro de DYNAMO que realice este proceso que andamos buscando por lo que se han analizado posibles alternativas para conseguir imitar la funcionalidad de esta herramienta. El resultado obtenido y el proceso seguido para generar el programa es el que se describe a continuación.

Se ha generado una rutina en la que seleccionando el elemento que queremos dividir y definiendo la altura a la cual queremos aplicar el corte, se generan dos nuevos elementos que podemos colocar en distintas fases o a los cuales podemos asignarles distintos parámetros según nos convenga. El programa generado es aplicable a muros, a los cuales queremos aplicarle una división. Según el elemento que queramos dividir y el número de divisiones, deberíamos modificar algunos apartados de la rutina generada, pero con este ejemplo buscamos mostrar las ideas principales que tiene el procedimiento de dividir elementos.

5.6.1 SELECCIONAMOS LOS ELEMENTOS

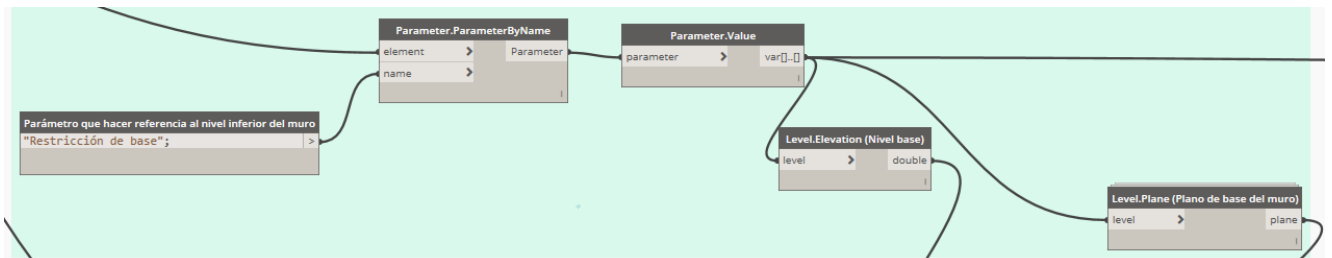
En primer lugar, comenzamos seleccionando el elemento o los elementos del modelo en los que estamos interesados. También podríamos seleccionar todos los elementos correspondientes a una categoría o todos los elementos correspondientes a un tipo dentro de una familia, por ejemplo, pero para el caso que lo estamos enfocando se supone que debe aplicarse a elementos concretos. Por ello, vamos a quedarnos con la opción de poder seleccionar varios elementos dentro del modelo.

5.6.2 ASIGNAMOS LA ALTURA DE CORTE

El siguiente paso ha sido establecer los niveles de referencia que vamos a utilizar. Un plano que vamos a emplear es el de corte, el que representa la altura de corte del muro. Por otra parte, para definir la geometría de los nuevos muros que vamos a tener necesitamos también el plano inferior y superior del muro seleccionado. Estos dos últimos podemos obtenerlos a través de los parámetros geométricos que definen al muro. A continuación, pasamos a describir el proceso de obtención de cada plano. En esto influye también los parámetros que hayamos escogido para generar el muro. En este caso, para la base hemos cogido como restricción de base un nivel mientras que para la restricción superior no hemos escogido un nivel, sino que hemos determinado la altura desconectada.

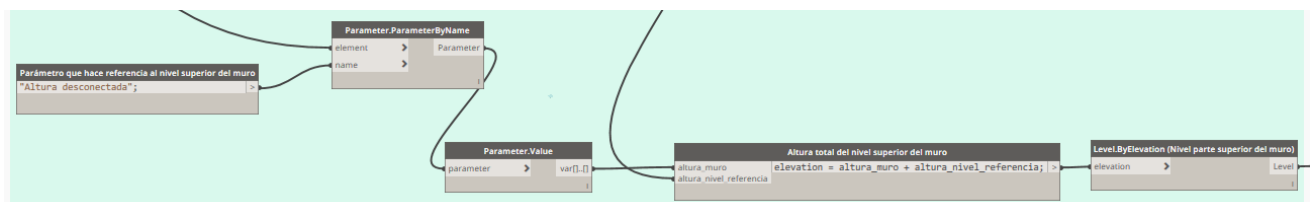
- Plano de base del muro. Tenemos que obtener el parámetro de restricción de base que nos devuelve un nivel, y mediante el nodo Level elevation, extraemos la cota del nivel donde se apoya. Además, para el caso de que lo haya, extraemos también el desfase de base y lo sumamos a esta cota. A partir del nivel donde se apoya generamos un plano para poder trabajar con un elemento geométrico, usando el nodo Level.Plane del paquete Clockwork en su versión 1.33.1, [51]. Finalmente, trasladamos este plano en la coordenada Z una longitud igual al desfase de base, teniendo así finalmente el plano geométrico que representa la base del muro.

Ilustración 114.- Nivel inferior



- Plano superior del muro. Como mencionamos anteriormente, al haberlo creado mediante la opción Altura desconectada, únicamente tenemos que extraer este parámetro del muro y sumarlo a la cota de la base del muro. Así extraemos la elevación y generamos un nuevo nivel con ella a través del comando Level.ByElevation. Este nivel lo usaremos más tarde para generar la parte superior que queda tras dividir el muro.

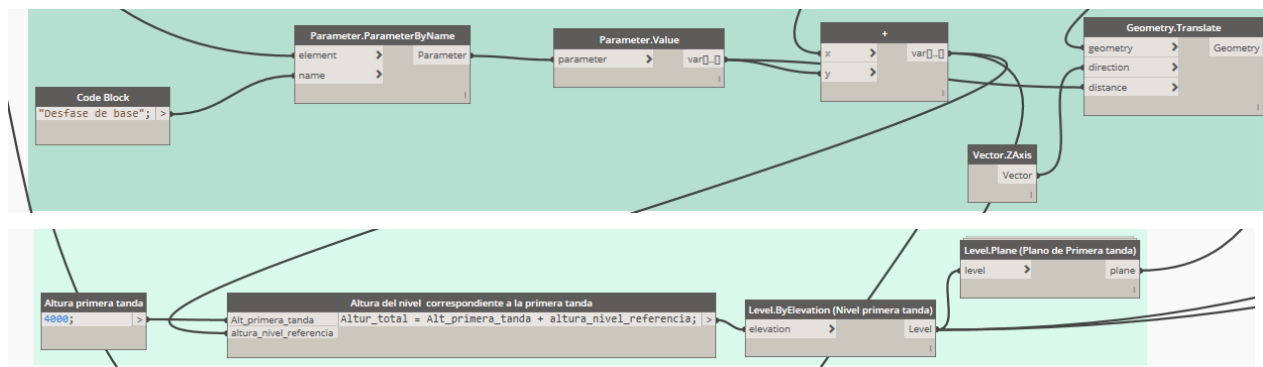
Ilustración 115.- Nivel superior



- Plano correspondiente a la altura de corte. Para esto necesitamos en primer lugar introducir un valor que sería la altura de corte respecto a la base del muro. Este será junto con la selección de los elementos que queremos dividir los inputs de nuestra rutina. Una vez tenida esta altura, solamente tenemos que sumarle la cota extraída anteriormente que hace referencia a la base del muro y generar un nivel y un plano a dicha cota. Primero generaremos el nivel con el comando

Level.ByElevation y más tarde, creamos el plano a través del nodo Level.Plane del paquete Clockwork.

Ilustración 116.- Altura de corte



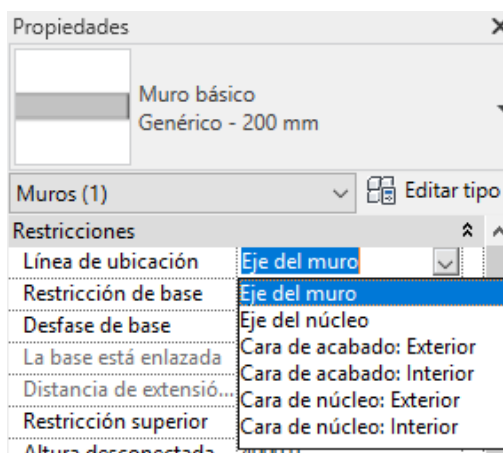
5.6.3 CREAMOS LAS PIEZAS

Una vez generados los planos y los niveles adecuados, debemos plantearnos el proceso por el cual vamos a generar los muros. En DYNAMO no podemos trabajar sobre los elementos con todo el potencial que nos ofrece el software, por lo que el primer paso es extraer la geometría del elemento de REVIT que estamos empleando. De esta forma se explica la generación de planos anteriormente ya que, con niveles (son objetos de REVIT) no podemos realizar cortes de figuras, por ejemplo.

Por tanto, para empezar a trabajar con geometrías, convertimos el muro seleccionado del proyecto del REVIT en un sólido a través del nodo Element.Solids. Una vez tenemos los planos y el sólido, ahora viene el proceso de división. Los nodos con los cuales podemos generar muros son Wall.ByFace, Wall.ByCurveAndHeight, WallByCurveAndLevels. Como su nombre nos indica, con el primero creamos muros a través de superficies (pero no podemos emplear una superficie cualquiera, debe ser una superficie extraída de un modelo genérico o una masa, [53]), con el segundo lo generamos a través de una curva y una altura, y con el último lo creamos a través de una curva y un nivel.

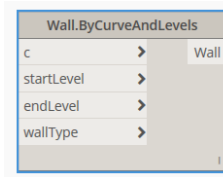
De esta forma, descartamos el nodo Wall.ByFace al no poder utilizarlo en este caso. Entre los otros dos nodos, nos quedamos con WallByCurveAndLevels pues ya tenemos definidos los niveles entre los que queremos que se generen los muros, aunque también podríamos emplear el otro nodo. La curva que tenemos que definir será la curva que sigue la línea de ubicación del muro. Esta línea de ubicación la encontramos dentro de los parámetros de ejemplar que aparecen por defecto en los muros. En la Ilustración 117 podemos ver al parámetro que nos referimos.

Ilustración 117.- Línea de ubicación



Una vez analizado este detalle, el resto de las entradas que necesita el nodo Wall.ByCurveAndLevels son, como podemos ver en la Ilustración 118, los niveles de inicio y fin del muro y el tipo de muro que queremos asignarle a los muros resultantes de las nuevas divisiones.

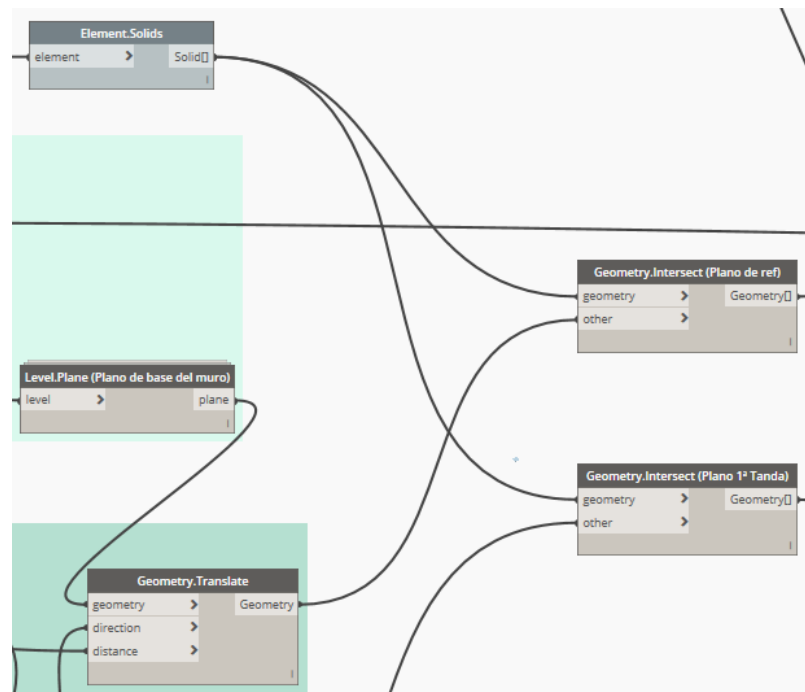
Ilustración 118.- Wall.ByCurveAndLevels



5.6.3.1 Línea de referencia de los muros

Por tanto, para poder definir los muros nos queda generar la curva. En primer lugar, buscamos la sección de corte que se produce entre el plano de la base del muro y el de la altura de corte, con el sólido generado a través del elemento de REVIT. Para ello, empleamos el nodo Geometry.Intersect. El resultado obtenido es un grupo de ocho curvas por cada muro. Analizándolo vemos que es correcto ya que estas ocho curvas se refieren a las curvas generadas por la intersección de los planos de las caras con cada plano que hemos usado para realizar el corte (cada plano produce cuatro curvas por muro).

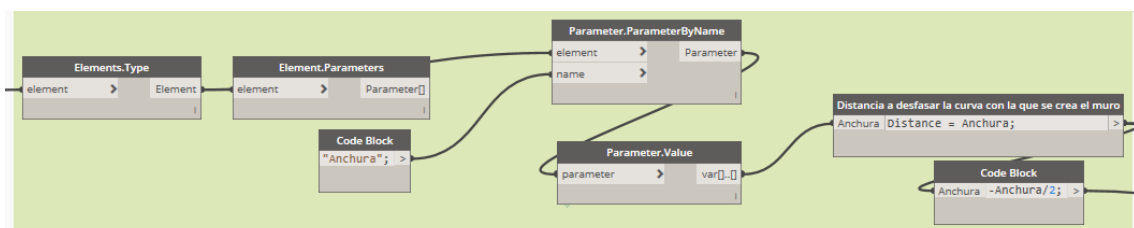
Ilustración 119.- Generación de las curvas de corte



OPCIÓN 1

Una vez obtenidas estas curvas, solamente queda adaptar el resultado. Como nos interesa que la curva que vamos a elegir sea la que hace referencia a la línea intermedia del muro, tenemos que desplazar una de las líneas exteriores. La distancia de desplazamiento debe ser igual a la mitad de la anchura total del muro. Por ello, en primer lugar, obtenemos el parámetro que hace referencia al espesor del muro, que es el parámetro anchura, y lo dividimos entre dos como podemos ver en la Ilustración 120.

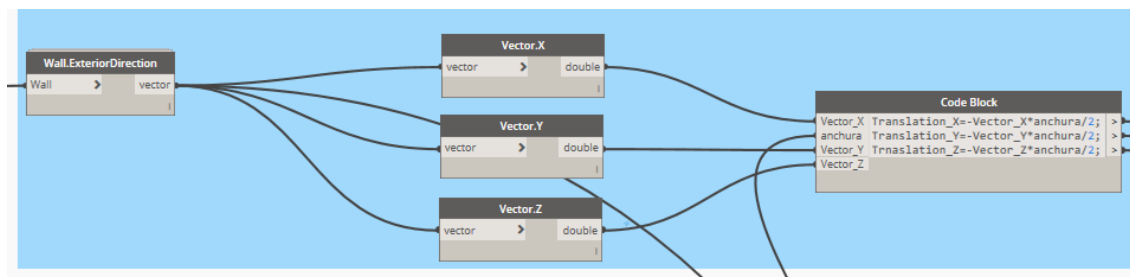
Ilustración 120.- Anchura del muro



Esta distancia será la que tengamos que trasladar la línea correspondiente a la cara exterior del muro según la dirección normal al muro. Necesitamos por tanto el vector normal de la cara exterior del muro. Para ello, emplearemos el nodo Wall.ExteriorDirection que podemos obtener descargando el paquete de archi-lab.net en

su versión 2019.2.25, [50]. Para ello tenemos que introducir como entrada de este nodo el elemento seleccionado. Obtenida ya la dirección, calculamos la traslación que tenemos que aplicar a las líneas exteriores del muro en X, Y, Z. Este proceso podemos verlo en la Ilustración 121.

Ilustración 121.- Obtener el desplazamiento



Solo nos queda seleccionar la curva correspondiente y luego, aplicarle este desplazamiento a través del nodo Geometry.Translate. La curva seleccionada será la que tiene el índice 2 dentro de la lista de cuatro curvas que obtenemos con el corte del plano de la base con el sólido que representa el muro, y la del índice 1 para la lista de curvas obtenidas por el corte del plano de la altura de corte.

OPCIÓN 2

En la rutina anterior, dependemos de la selección interna que realiza REVIT de los elementos. En algunos casos prácticos realizados, a veces no coincidía la línea escogida con la que nosotros queríamos. Por ello, hemos decidido realizar una posible alternativa a esta solución para así tener un mayor control del resultado. Buscaremos que la línea de referencia del muro que se va a generar sea siempre la misma.

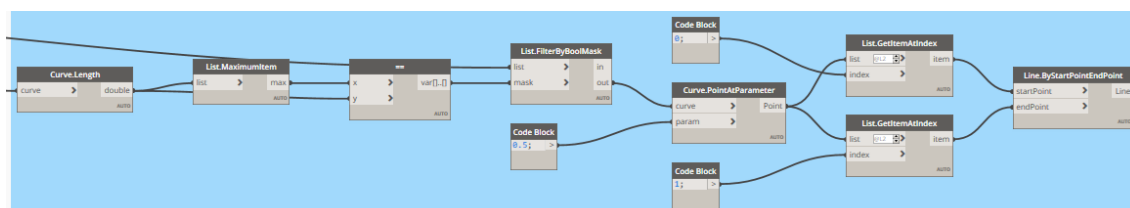
Empezaremos a trabajar con las líneas que obtenemos al realizar la intersección de los planos con el muro. El objetivo será poder definir la línea media del muro como línea de referencia. Para ello, debemos buscar cómo definir esta curva. En DYNAMO, generamos las líneas a través de un punto inicial y final por lo que esto es lo que tenemos que conseguir. Como bien sabemos, en un muro una dimensión (longitud) es mayor que otra (espesor) cuando lo vemos en planta. Por lo tanto, en primer lugar, obtendremos las longitudes de las curvas resultantes de la intersección y cogeremos el valor mayor como valor de comparación. Ahora vemos cuáles de las líneas tienen la misma longitud que este valor y cuáles no. Aquí hemos realizado un filtro para poder distinguir las que nos interesan. Es importante destacar que para que esto funcione tenemos que desactivar la unión entre muros. En caso de tenerla activada ya perdemos el control sobre las dimensiones del muro pues no mantiene la misma forma.

Una vez realizado este filtro con el que obtenemos las líneas de máxima longitud, pasamos a obtener los puntos de inicio y fin de la curva de referencia para los nuevos muros. Para ello, nos quedamos con la lista que no cumple el filtro, es decir, con la lista de líneas que tienen menor longitud. Después, usando el nodo Curve.PointAtParameter nos quedamos con el punto medio de estas líneas. Así conseguimos los puntos de inicio y fin de la línea que buscamos. Por lo tanto, ya solo nos queda definir la línea y asignarla como línea a partir de la cual se genera el muro.

Como podemos ver, de esta forma la rutina está más definida y controlada. Esto es lo que tenemos que buscar a la hora de generar esta secuencia de comandos para que sea concreta y efectiva, sin posibilidad de resultados erróneos.

Para ir siguiendo este proceso, en la Ilustración 122 tenemos todos los nodos empleados en esta parte de creación de la línea de referencia de los muros.

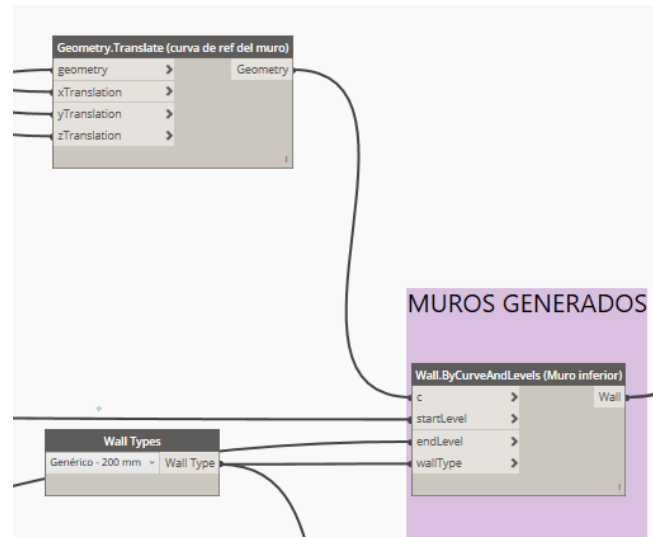
Ilustración 122.- Creamos la línea de referencia



5.6.3.2 Creamos los muros

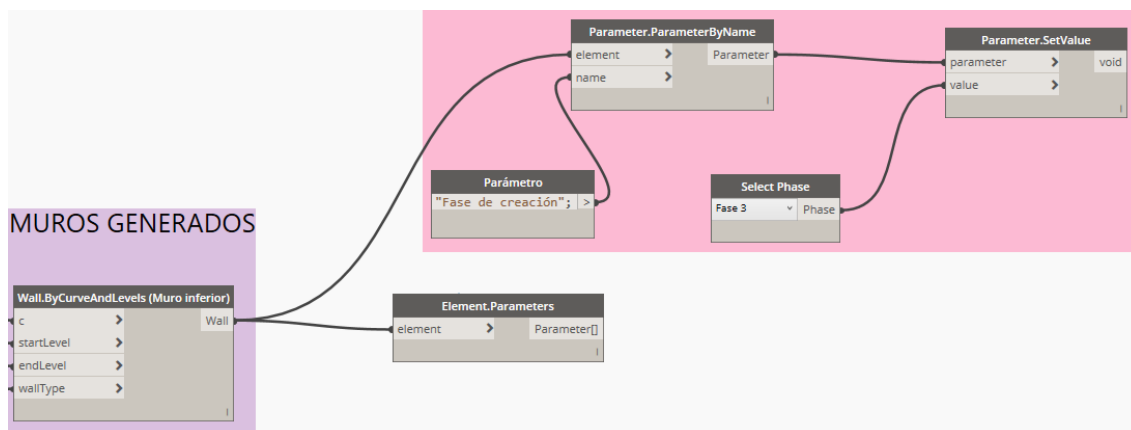
Por último, teniendo ya la curva que define el muro y los niveles de inicio y fin, solo nos queda definir el tipo de muro que queremos generar. Para esta entrada emplearemos el nodo Wall Types, que básicamente es una cinta en la que nos aparecen todos los tipos de muros que tenemos dentro de nuestro proyecto de REVIT. En esta cinta seleccionaremos el tipo de muro correspondiente y ya habremos generado ambos.

Ilustración 123.- Generación de muros



Habiendo generado los dos muros resultantes de la división como independientes, podemos asignarle distintos valores a los parámetros que nos interesen. En este caso, se ha realizado un ejemplo con las fases. Para cambiar el valor de este parámetro primero usaremos el nodo Parameter.ParameterByName, donde tenemos que introducir el elemento del cual queremos modificar el parámetro, y el nombre del parámetro que en este caso será Fase de creación. Con esto extraemos el parámetro del muro y luego, con el nodo Parameter.SetValue, le damos como entrada el parámetro obtenido del paso anterior. Como estamos modificando la fase y queremos que tome como referencia las fases del proyecto de REVIT, usaremos el nodo Select Phase con el cual tenemos una relación directa con las fases de REVIT. De esta forma, podemos aplicarle a cada muro una fase según nos interese como vemos en la Ilustración 124.

Ilustración 124.- Asignación de la fase



5.7 EXPORTAR

En este apartado vamos a analizar cómo exportamos los parámetros de los diferentes elementos que hemos generado en el proyecto de REVIT. Pueden ser tanto parámetros correspondientes a tipos de familia como parámetros correspondientes a ejemplares. De esta forma, extraemos todos los tipos de parámetros existentes en nuestro proyecto.

Cuando hablamos de extraer, nos referimos a exportar los parámetros a una hoja Excel. Este proceso es muy útil hacerlo porque al pasar a un fichero Excel únicamente los parámetros tendríamos más recogida la información que nos interesa. En el caso de hacerlo directamente desde REVIT, tendríamos que ir seleccionando ejemplar a ejemplar o tipo a tipo, y luego ir modificando el valor del parámetro correspondiente. El objetivo de generar esta rutina es crear un proceso automatizado de la gestión de la información en el que el primer paso es la exportación de los parámetros.

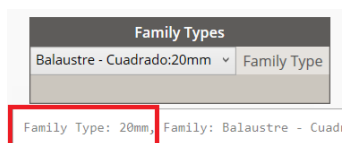
5.7.1 ALTERNATIVA 1

5.7.1.1 Seleccionamos los elementos

En primer lugar, debemos comenzar seleccionando de qué ejemplares o tipos de familia queremos exportar los parámetros. Para ello existen varias opciones debido a la multitud de nodos que nos ofrece DYNAMO. En la Ilustración 126 vemos una serie de nodos que podemos emplear:

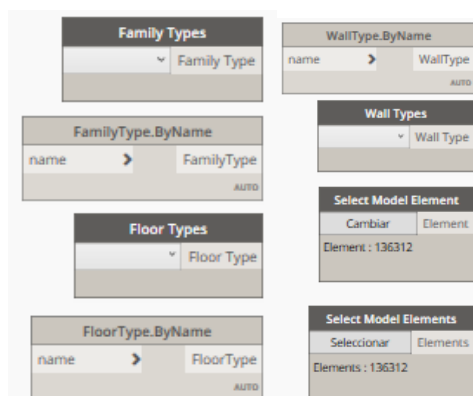
- Family Types. Con este nodo seleccionamos directamente un tipo de familia que nos interese ya que posee una lista despegable.
- FamilyType.ByName. En este caso podemos seleccionar varios tipos de familia introduciendo una lista de nombres de tipo de familia. Analizando este nodo se ha encontrado que no es intuitiva la determinación del nombre del tipo de familia. Por ejemplo, si queremos seleccionar el tipo de familia “Balaustre – Cuadrado:20mm”, tenemos que introducir como nombre “20mm”. Para poder conocer el nombre, podemos seleccionar un tipo de familia con el nodo anterior de Family Types, ejecutar y luego, en la salida del nodo ver cuál es el nombre del tipo de familia (ver Ilustración 125).

Ilustración 125.- Nombre del tipo de familia



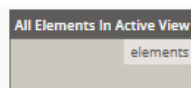
- Wall Types. Aquí volvemos a tener una lista despegable donde podemos seleccionar uno de los distintos tipos de muro existentes en nuestro proyecto de REVIT.
- Select Model Element. Este nodo lo hemos usado en otras ocasiones y su utilidad es que podemos seleccionar un ejemplar concreto dentro del modelo.
- Select Model Elements. En este caso podemos seleccionar varios ejemplares existentes en el modelo a través de una ventana de selección.

Ilustración 126.- Nodos



Por último, existe además otro nodo muy útil cuyo nombre es “All Elements In Active View” con el que como su nombre indica seleccionamos todos los elementos que se encuentran en la vista actual. Sin embargo, con este nodo podríamos perder en cierta medida el control de la información en el caso de que tengamos muchos elementos en la vista. Pero para ello también podríamos aplicar filtros y ayudarnos de esta herramienta.

Ilustración 127.- Nodo All Elements In Active View



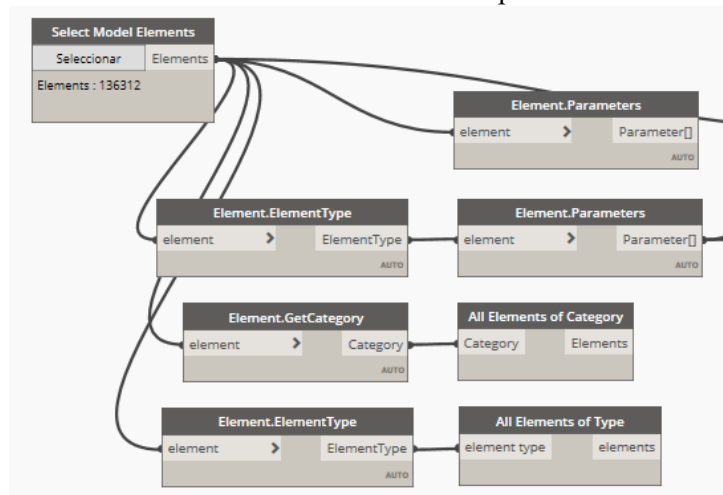
Una vez vista las diferentes alternativas existentes para seleccionar ejemplares o tipos de familia, pasamos a ver cómo podríamos extraer los parámetros e introducirlos en una hoja Excel. En este caso emplearemos el nodo Select Model Elements para seleccionar los ejemplares.

5.7.1.2 Extraemos los parámetros

El siguiente paso consiste en extraer los parámetros de lo seleccionado. De la misma forma, tenemos varias opciones (ver Ilustración 128). El nodo empleado para obtener los parámetros es Element.Parameters. Este nodo acepta como entrada ejemplares seleccionados en el modelo y tipos de familia. Si le damos como entrada el ejemplar seleccionado, la salida será los parámetros del ejemplar. Por otro lado, si le damos como entrada el tipo de familia la salida será los parámetros del tipo de familia. Ambos resultados nos interesa tenerlos recogidos. En esta rutina vamos a generar dos ficheros Excel para tener separados los parámetros de tipo de familia y los parámetros de ejemplar. Hay que destacar que el nodo “All Elements of Type” no funciona con todos los ejemplares. Funciona únicamente con los ejemplares que podemos generar a partir de los tipos de familias que tenemos en el nodo “Family Types” (no se encuentran suelos, muros ...). Los nodos empleados son los siguientes:

- Element.ElementType. Con este nodo extraemos el tipo de familia al que pertenece el ejemplar seleccionado del modelo. Por lo tanto, usando después el nodo “Element.Parameters” obtenemos todos los parámetros del tipo. En el caso de que fueran varios ejemplares, obtendríamos los parámetros del tipo de cada ejemplar separados por niveles en una misma lista. Luego, usando el nodo “All Elements of Type” obtendríamos todos los ejemplares que pertenecen a ese tipo. Como mencionamos más arriba, este nodo no acepta como entrada todos los tipos de familia. Únicamente nos sirven las que tenemos en el nodo “Family Types”.
- Element.GetCategory. Esto es útil en el caso de que hayamos seleccionado un ejemplar representativo de una categoría. Así, en vez de tener que seleccionar varios ejemplares solo tenemos que seleccionar uno y luego usando el nodo “All Elements of Category” obtendríamos todos los elementos que pertenecen a esa categoría.

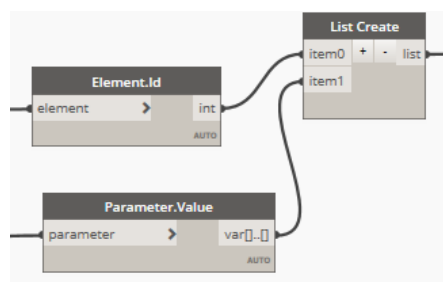
Ilustración 128.- Extraer parámetros



Para continuar con la rutina emplearemos el nodo “Element.ElementType”. Una vez extraídos los parámetros del ejemplar y del tipo solo nos queda generar la hoja Excel. Para poder identificar unívocamente el tipo o el ejemplar vamos a extraer también el ID. Esto lo hacemos con el nodo “Element.Id” al que le damos como entrada el ejemplar o el tipo y obtenemos como salida el Id correspondiente.

A continuación, crearemos dos listas. La primera lista se corresponderá con los nombres de los parámetros según cada ejemplar o tipo mientras que la segunda será el valor de cada parámetro. Así tendremos recogida en dos filas toda la información. El Id no está asignado a priori como un parámetro del ejemplar o del tipo. Para tenerlo también en la hoja Excel usamos el nodo “List create” donde la primera lista sea la de los Id y la segunda lista sea los parámetros extraídos. En la Ilustración 129 podemos ver el proceso seguido para los valores de los parámetros. El que tenemos que realizar para los nombres se diferencia únicamente en que usamos el nodo “Parameter.Name” y usamos una cadena de texto (string) para introducir el título de Element ID.

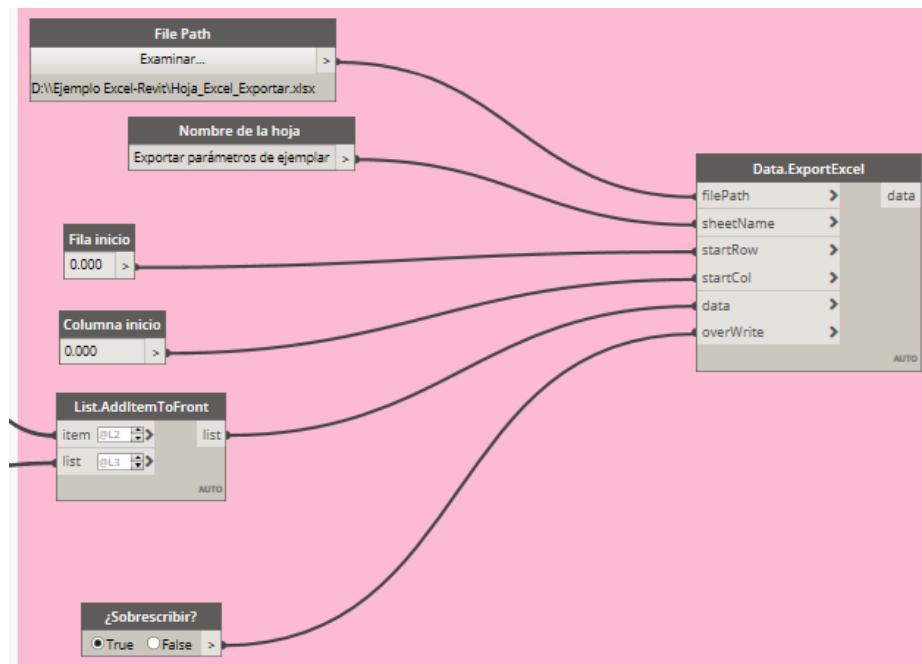
Ilustración 129.- Añadir el Element ID



5.7.1.3 Exportamos a Excel

Luego, agrupamos cada lista dentro de un mismo nivel para así no tener problemas y pasamos ya a definir la hoja Excel. El nodo empleado para introducir la información en la hoja es “Data.ExportExcel”. Como vemos en la Ilustración 130, las entradas son la ruta del archivo (usamos el nodo “File Path”), el nombre de la hoja (cadena de texto), la fila y la columna donde queremos que comience la información, la información que queremos introducir y si queremos que se sobrescriba la hoja o no.

Ilustración 130.- Generación del archivo Excel

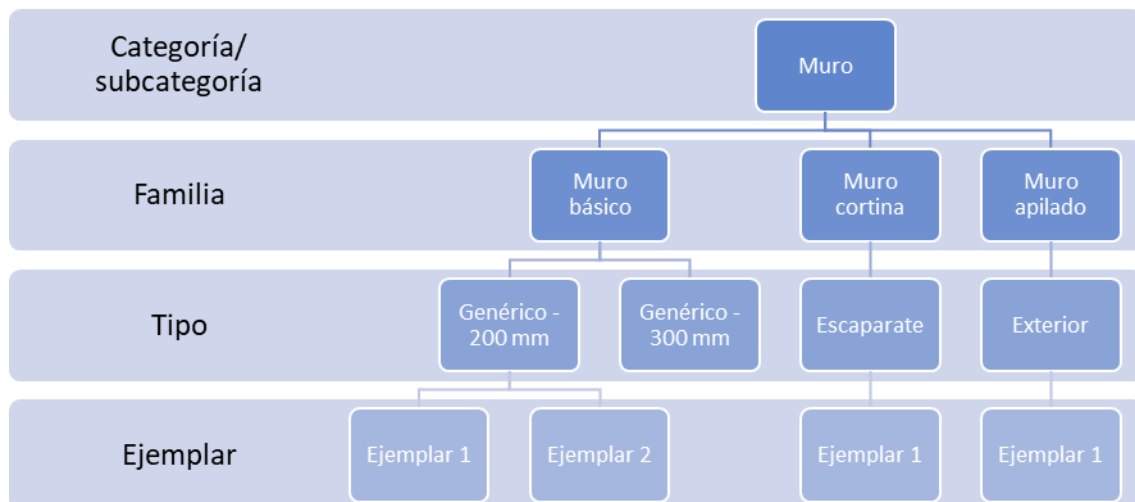


Con esto ya tendríamos disponible la hoja Excel para poder empezar a trabajar. Sería conveniente tener una buena organización de las hojas. Por ejemplo, en el caso de los parámetros de ejemplares convendría tenerlos organizados por el tipo de familia al que pertenecen para que así los parámetros sean los que vamos a encontrarnos en ese ejemplar. Si tuviéramos todos los ejemplares dentro de una misma hoja, entonces perderíamos la correlación parámetro-valor para cada ejemplar. El objetivo es generar una hoja Excel donde la primera fila esté compuesta por el nombre de todos los parámetros, cada uno ocupando una columna, y luego el resto de las filas sean los valores de los parámetros de cada ejemplar. De esta forma, solamente sería necesario extraer el nombre de los parámetros para un único ejemplar.

Por otra parte, en cuanto a los tipos de familia, sería conveniente tenerlos recogidos por categorías ya que cuando generamos parámetros de tipo lo asignamos a todos los tipos de una o varias categorías. Por tanto, agrupando por categoría nos aseguramos de que todos los tipos que vamos a encontrar en esa hoja Excel van a tener los mismos parámetros. De esta forma, solamente sería necesario extraer el nombre de los parámetros para un único tipo de familia.

Con el objetivo de aclarar esta organización que sigue el software con respecto a sus elementos, se ha creado el esquema que podemos ver en la Ilustración 131.

Ilustración 131.- Esquema de organización de elementos



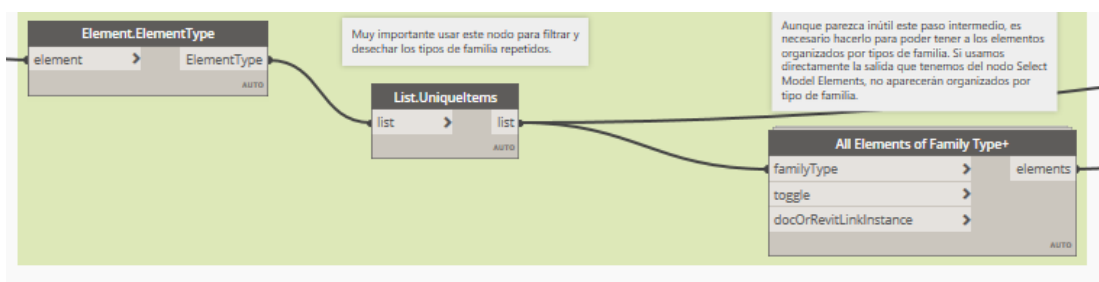
5.7.2 ALTERNATIVA 2

5.7.2.1 Seleccionamos los elementos

Sin embargo, puede ser muy interesante utilizar el nodo All Elements In Active View en el caso de que queramos recoger todos los parámetros de un conjunto de elementos considerable. Con esto no tendríamos que ir al modelo y seleccionarlos, sino que directamente seleccionaríamos todos los elementos. El proceso de extraer los parámetros para los ejemplares y los tipos de familia podemos realizarlo en una misma rutina. En este caso será muy importante tener una buena organización de las hojas del fichero Excel. Más adelante indicaremos como resolvemos este aspecto.

Para empezar, distinguiremos por un lado los parámetros correspondientes a los ejemplares y por otro, los correspondientes a tipos de familia. Con respecto a los ejemplares, comenzamos seleccionándolos mediante el tipo de familia al que pertenecen. Al hacerlo de este modo conseguimos tenerlos organizados por tipos de familia, lo cual nos servirá más tarde para la estructura de la hoja Excel. Para conseguir los tipos de familia que tenemos dentro del modelo, usamos el nodo `Element.ElementType`. Como estos pueden repetirse, eliminamos los tipos duplicados mediante el nodo `List.UniqueItems`. Por último, seleccionamos ahora sí todos los ejemplares que tenemos por cada tipo de familia con el nodo `All Elements of Family Type+`, [51]. En la Ilustración 132 vemos este proceso.

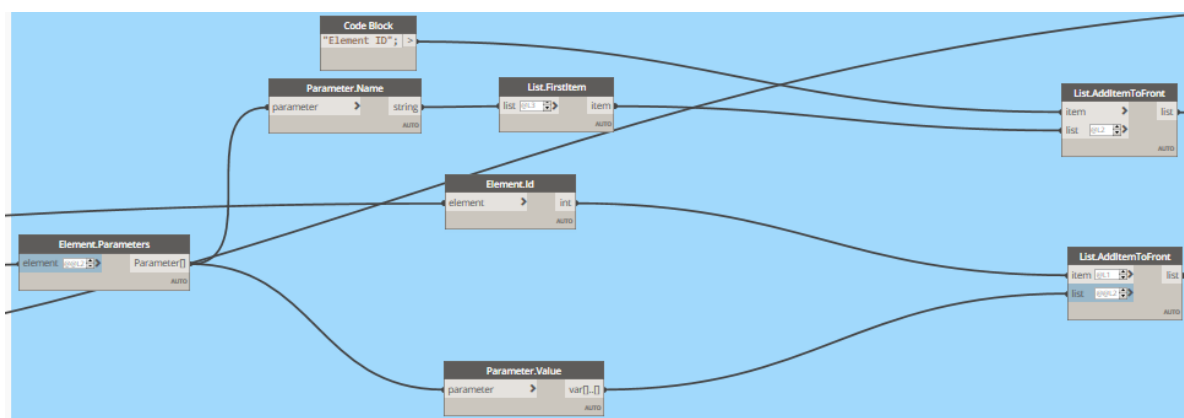
Ilustración 132.- Seleccionamos los ejemplares



5.7.2.2 Extraemos la información

Una vez seleccionados los ejemplares, pasamos a extraer sus parámetros para exportarlos al fichero Excel. Con el objetivo de poder localizarlos rápidamente, hemos añadido el Id de cada elemento al inicio de la lista (ver Ilustración 133).

Ilustración 133.- Extraemos los parámetros

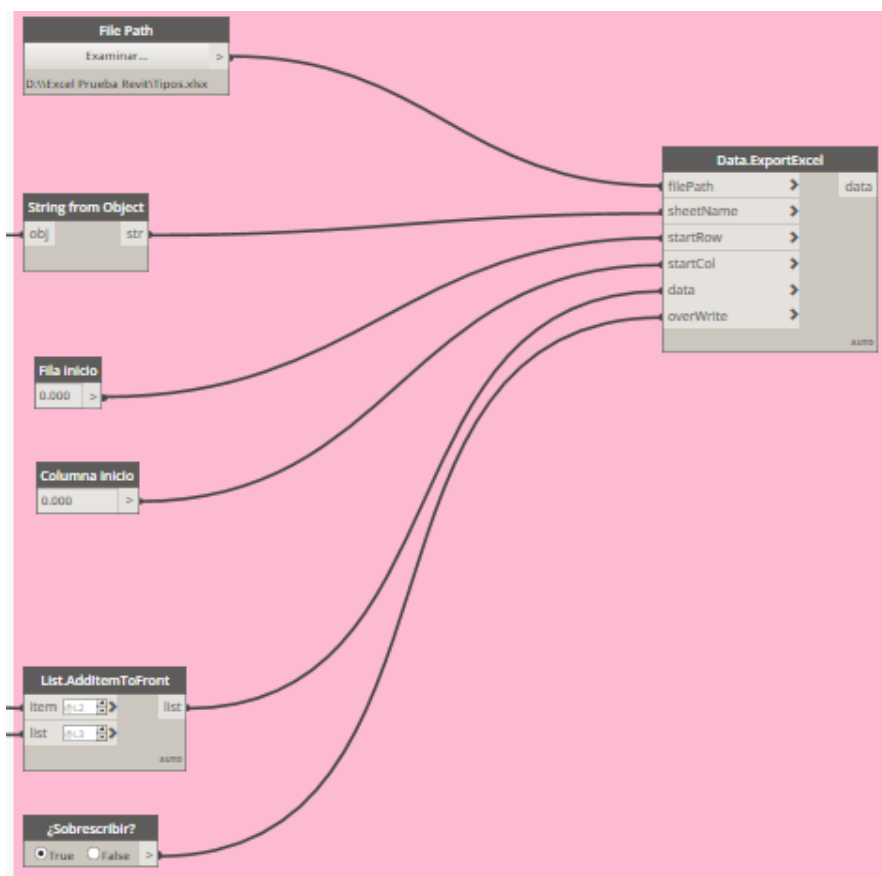


5.7.2.3 Exportamos a Excel

Por último, trasladamos toda la información a un fichero Excel. Para esto utilizaremos el nodo Data.ExportExcel. Este nodo lo hemos usado anteriormente por lo que no vamos a pararnos a describirlo. Solamente nos quedaría añadir que, para mantener una estructura adecuada dentro del archivo, hemos decidido separar la información en hojas cuyos nombres están formados por el nombre del tipo de familia y en su interior contienen la información de los ejemplares pertenecientes a ellos. En la Ilustración 134 tenemos los

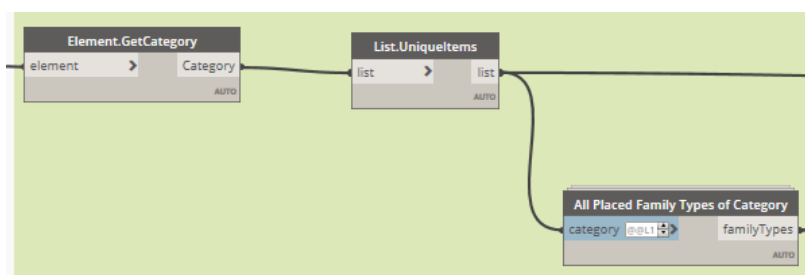
datos de entrada de este nodo.

Ilustración 134.- Fichero Excel



Para terminar esta modificación de la rutina, vamos a explicar el proceso que hemos seguido para la extracción de parámetros de los tipos de familia. La secuencia es muy similar a la de los ejemplares. En este caso, los tipos de familia se agrupan en categorías. Por ello, para mantener una buena organización hemos extraído las categorías de todos los elementos del modelo en la vista activa y después, seleccionamos los tipos de familia que tenemos en el modelo dentro de cada una (ver Ilustración 135). Así pues, conseguimos organizar los tipos de familia según la categoría y esto lo emplearemos para el fichero Excel. Ahora las hojas del fichero estarán nombradas según las categorías y dentro aparecerá la información de los tipos de familia.

Ilustración 135.- Seleccionamos los tipos de familia

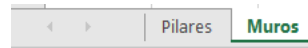


Estas premisas son las que se han tenido en cuenta a la hora de generar la otra rutina correspondiente a este apartado. Finalmente, el resultado es el que se esperaba ya que el fichero Excel aparece separado por hojas que se corresponden con el tipo de familia o la categoría. Luego, dentro de cada hoja tenemos la información recogida de cada ejemplar o de cada tipo de familia, según el caso. En la Ilustración 136 podemos apreciar cómo se organiza la información de los parámetros mientras que en la Ilustración 137 podemos ver que se generan varias hojas (en este caso se ha empleado el archivo de los parámetros de los tipos de familia). Para obtener estos resultados se ha empleado un ejemplo sencillo donde tenemos varios muros de dos tipos de familia diferentes y un pilar.

Ilustración 136.- Información generada en cada hoja

	A	B	C	D	E	F	
1	Element ID	Absortancia	Anchura	Aspereza	Categoría	Categoría	C
2	1740	1	200		3 Muros	Muros	
3	1759	0.7	200		3 Muros	Muros	

Ilustración 137.- Hojas generadas



5.8 IMPORTAR

La exportación e importación de información a un modelo 3d es lo que lo convierte en un modelo BIM. Por lo tanto, podemos deducir que estos apartados son dos de los pilares fundamentales en los que se basa esta tecnología de trabajo.

En este apartado vamos a pasar a describir cómo podemos generar una rutina en la que automaticemos el proceso de introducción de información en el modelo. En caso contrario deberíamos ir seleccionando uno a uno los ejemplares y los tipos de familia a cuyos parámetros queremos introducirle nueva información. En el caso de disponer de un modelo considerable este proceso de importación de información se convierte en un proceso tedioso y repetitivo. Por tanto, con esta rutina se pretende simplificar este proceso realizando una importación masiva de datos, reduciendo así el tiempo invertido en él.

5.8.1 IMPORTAMOS EL FICHERO EXCEL

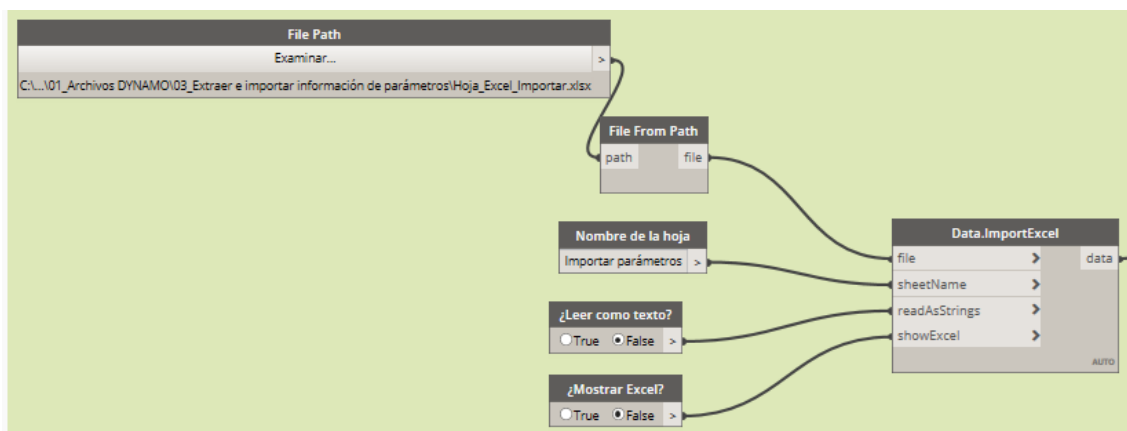
Para poder comenzar, tenemos que tener recogida toda la información y bien organizada para lo cual emplearemos la hoja Excel obtenida del apartado anterior. Necesitamos poder localizar el elemento al cual queremos asignarle los parámetros de forma unívoca. Para ello emplearemos el Id del elemento, al ser este un identificador único y exclusivo del ejemplar o del tipo de familia que tenemos en el modelo. Una vez sabido esto, solo nos queda describir el proceso a seguir para poder introducir estos parámetros.

El primer paso es importar la información del fichero Excel. Para ello empleamos el nodo “DataImport.Excel”. Las entradas de este nodo son las siguientes:

- Fichero Excel. Para introducir este fichero, indicamos en primer lugar la dirección del archivo con el nodo “File Path”. Después tenemos que usar el nodo “File from Path” ya que sino estaríamos introduciendo como entrada la ruta del archivo y no el archivo con la información.
- Nombre de la hoja. En este caso usaremos una cadena de texto en la que incluiremos todos los nombres de las hojas que queremos importar.
- Condición booleana. En el siguiente input debemos indicar si queremos leer los datos como cadenas de texto o como números. En un caso general necesitaremos ambos ya que tendremos parámetros que serán cadenas de texto mientras que otros serán números. Por ello, duplicaremos este nodo y las entradas para tener salidas como números y como cadenas de texto.
- Mostrar Excel. Volvemos a tener una condición booleana en la que indicamos si queremos ver el fichero Excel o no.

En la Ilustración 138 podemos ver las entradas y el nodo comentados arriba.

Ilustración 138.- Importamos la hoja Excel



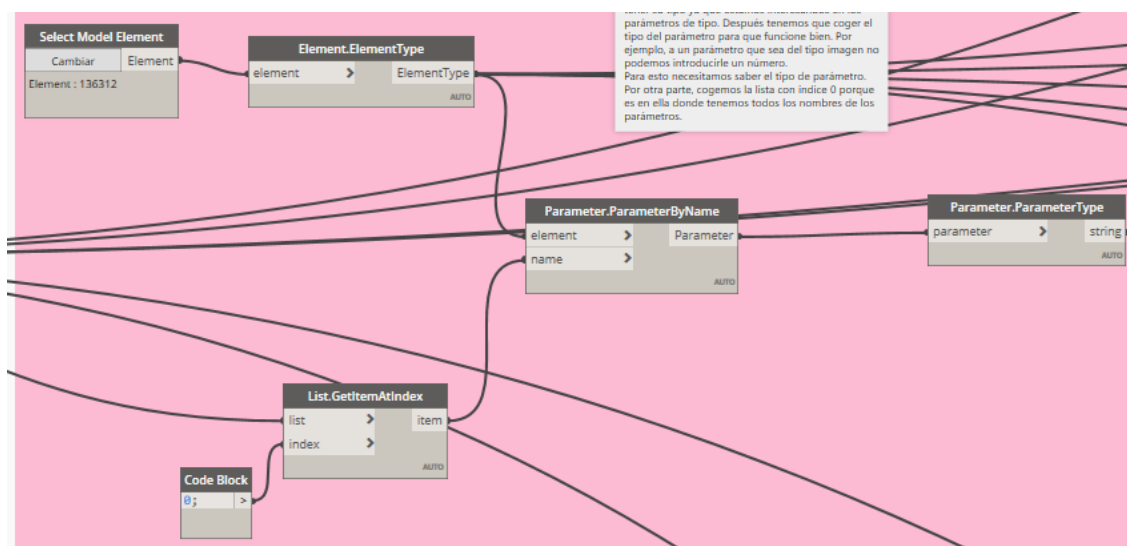
5.8.2 MODIFICAMOS LA INFORMACIÓN DE LOS PARÁMETROS. ALTERNATIVA 1

A continuación, pasamos a extraer los parámetros y a importarlos en los ejemplares o tipos de familia correspondientes según su Id. Antes de esto tenemos que considerar que existen parámetros de REVIT que no aceptan como entrada una cadena de texto o número. Un claro ejemplo de ello es el parámetro Imagen. Este

parámetro necesita como entrada una imagen cargada previamente en REVIT pues las imágenes son realmente elementos dentro del modelo al tener información asociada. Hay que destacar que, en cuanto a la importación de imágenes, no es intuitivo el proceso que tenemos que seguir. Podríamos pensar en principio que estas pueden añadirse a un parámetro solamente indicando la ruta en la que se encuentra la imagen. Siguiendo este proceso, no tendríamos éxito en esta importación. El motivo es que cuando queremos añadir al proyecto de REVIT una imagen, la detecta como un elemento. Para poder emplear estas imágenes y asignarlas a ejemplares o tipos de familias, necesitamos primero importarlas al proyecto y luego, seleccionarlas como elementos que son y asignarlas a los elementos que nos interesen. Además, aquellos cuya entrada es un número no aceptan una cadena de texto y viceversa. Por lo tanto, el primer paso que tenemos que realizar es distinguir los distintos tipos de parámetros que existen en REVIT.

Para ello comenzamos seleccionando el elemento o elementos cuyos parámetros queremos modificar. En la hoja Excel tenemos el nombre de los parámetros, pero estos son cadenas de texto. Para poder obtener el tipo de parámetro que es cada uno necesitamos que el software detecte estas cadenas de texto como parámetros. Para ello, comenzamos extrayendo el nombre de los parámetros de la hoja Excel y con el nodo “Parameter.ParameterByName” obtenemos los parámetros. Necesitamos como entrada el elemento al que están asociados los parámetros para lo cual usaremos el nodo “Select Model Element”. Una vez tenido esto, con el nodo “Parameter.ParameterType” obtenemos el tipo de cada parámetro y ya sí podemos estudiar cada caso por separado. En la Ilustración 139 vemos el proceso seguido.

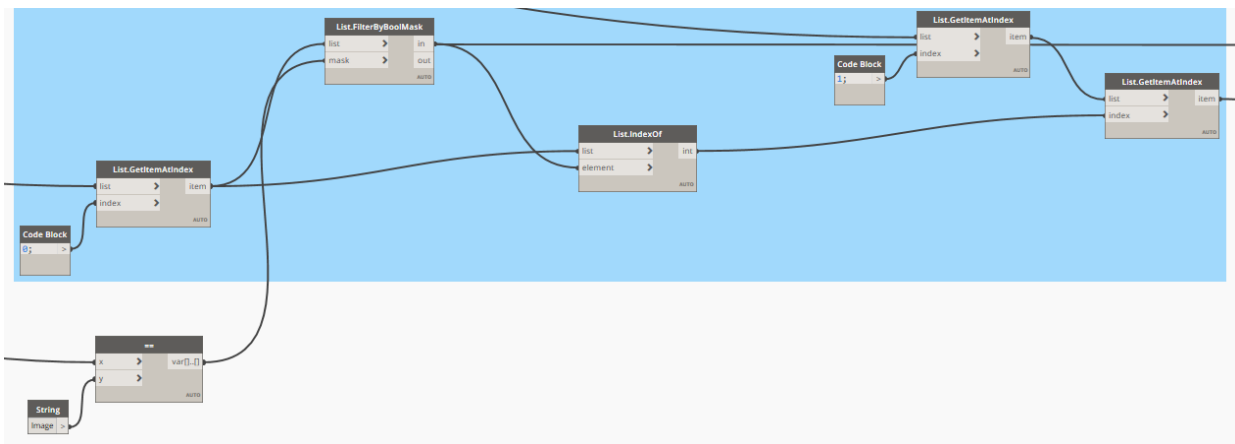
Ilustración 139.- Extraer tipo de parámetro



Ahora, por cada tipo de parámetro que nos encontremos debemos de filtrar la lista de parámetros para luego introducir la información adecuadamente. La única forma en la que se ha podido resolver este problema es repitiendo la misma rutina para cada tipo de parámetro. En este caso se ha completado el proceso para los tipos de parámetros que se han encontrado más interesantes. Estos tipos son número, longitud, texto, imagen y URL. La rutina en todos los casos es muy similar ya que solo cambia la cadena de texto que tenemos que comparar (es el nombre del tipo de parámetro). Vamos a analizar el proceso seguido para la importación de imágenes pues este es el más interesante al tener varias diferencias. También haremos algunos apuntes de la introducción de parámetros tipo URL.

En cuanto a los parámetros tipo Imagen, debemos tener en cuenta que REVIT trata las imágenes como elementos y que por tanto debemos importarlas antes de introducirlas en los parámetros. En la Ilustración 140 vemos el proceso general seguido en todos los casos.

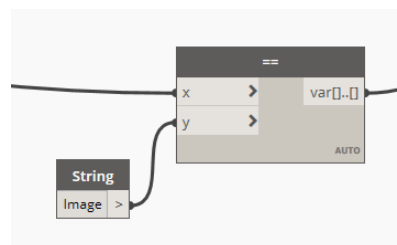
Ilustración 140.- Filtrar parámetros



En el caso de las imágenes tenemos dos posibles alternativas. La primera y la más coherente es importar las imágenes gracias a la información que tenemos en la hoja Excel, para la cual necesitamos acudir a nodos de paquetes externos a DYNAMO. La segunda se daría en el caso de que previamente tengamos importadas las imágenes y por algún motivo no queramos usar este paquete externo. El proceso seguido con la primera opción es más sencillo y automático que el que tenemos que emplear para la segunda. Empezaremos analizando el proceso general para después realizar ciertos apuntes sobre la primera opción y, más tarde, analizaremos el proceso seguido para la segunda alternativa.

En general, para todos los tipos de parámetros comenzamos realizando una comparación para realizar un filtro de la lista y quedarnos con los que nos interesan. Para ello empleamos el nodo “==” al cual le asignamos como entradas la lista de tipos de parámetros y una cadena de texto con el nombre del tipo de parámetro que queremos filtrar (ver Ilustración 141).

Ilustración 141.- Filtro



Con esto obtenemos una lista de condiciones booleanas que podemos emplear como filtro. Ahora necesitamos la lista de los nombres de parámetros para poder aplicárselo. Después, obtenemos el índice de la posición de dicho parámetro. Este índice se corresponderá con la posición donde encontramos la información asociada a dicho parámetro en la salida de la importación de la hoja Excel. De esta forma, ya podemos localizar la entrada.

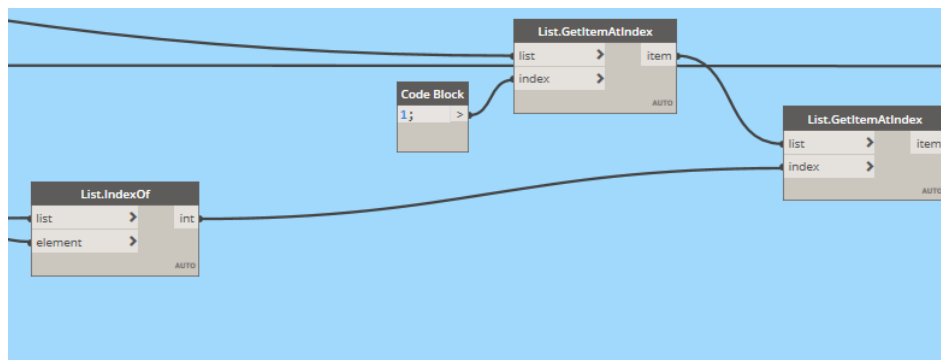
Ilustración 142.- Aplicar filtro y extraer posición del parámetro



A continuación, pasamos a extraer esta información referida al parámetro. Para ello, primero seleccionamos la lista donde tenemos la información y nos quedamos con la parte referida al dato que lleva cada parámetro. Después, con el índice obtenido del apartado anterior y esta última lista seleccionamos la información que

hace referencia en este caso a las imágenes, que sería la ruta donde se encuentra.

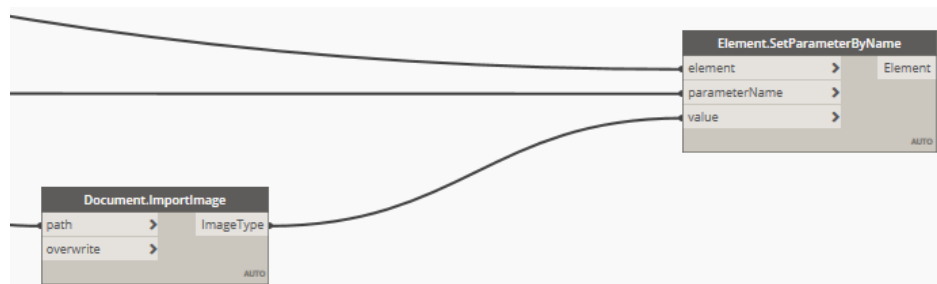
Ilustración 143.- Extraer información de los parámetros filtrados



5.8.2.1 Importamos las imágenes

Ahora llega el problema que tenemos con las imágenes. Tenemos la ruta y ahora necesitamos importarla en el proyecto de REVIT. Este nodo no existe en DYNAMO pero tenemos el paquete Orchid en su versión 2.0 [54] que nos ofrece un nodo con el que podemos importar directamente desde DYNAMO las imágenes al proyecto de REVIT solamente introduciendo la ruta del archivo. De esta forma, empleamos este nodo cuyo nombre es `Document.ImportImage` para importar las imágenes. Una vez importadas, con el nodo `Element.SetParameterByName` le asignamos la imagen a cada elemento. Las entradas de este nodo son el elemento, el nombre del parámetro y el valor del parámetro. En la Ilustración 144 vemos esta última parte del proceso. Como podemos comprobar, gracias a este nodo de Orchid se hace muy sencilla la tarea.

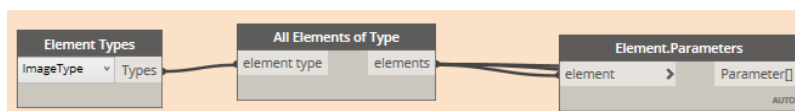
Ilustración 144.- Importar imagen y asignarla como parámetro



En cuanto a la segunda opción, la rutina se complica bastante. Esto es porque al importar antes las imágenes, estas por defecto se ordenan alfabéticamente y por tanto el orden en el que se encuentran dentro del gestor de imágenes no será en general el mismo orden en el que tenemos ordenados los ejemplares o tipos de familia. Para ello, debemos realizar, además del paso de extraer la información, un paso extra que consiste en ordenar las imágenes de acuerdo a los ejemplares o tipos de familia. La primera parte, que consiste en extraer la información de la hoja Excel correspondiente a las imágenes, sí se mantiene igual. Pasaremos ahora a describir el proceso mediante el cual llegamos a ordenar las imágenes.

Comenzamos en primer lugar cargando las imágenes que tenemos en el modelo. Para ello, escogemos el tipo de elemento `ImageType` y obtenemos todos los elementos que son de dicho tipo. En la Ilustración 145 podemos ver este proceso. Necesitamos extraer los parámetros de los elementos imagen para poder obtener la ruta de los archivos y así poder compararla con la ruta de las imágenes que tienen asignada los elementos en la hoja Excel importada. Este proceso de extraer el nombre de la ruta lo hacemos con el nodo `Parameter.Value`.

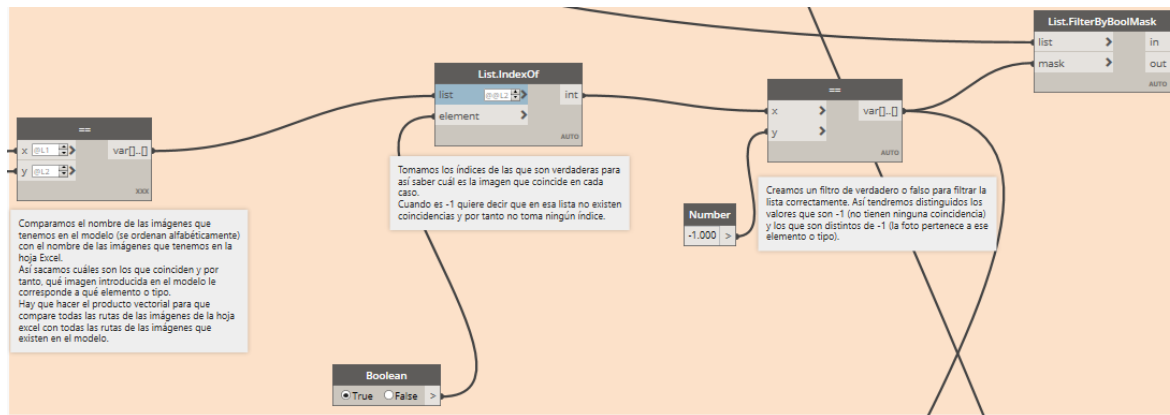
Ilustración 145.- Cargamos las imágenes



A continuación, realizamos ahora sí la comparación entre las rutas de las imágenes cargadas en el proyecto de REVIT y las que tenemos de la hoja Excel. De esta forma podemos conseguir cuáles son las que se corresponden, teniendo así las imágenes asociadas a cada ejemplar o tipo de familia. Esto lo hacemos con el

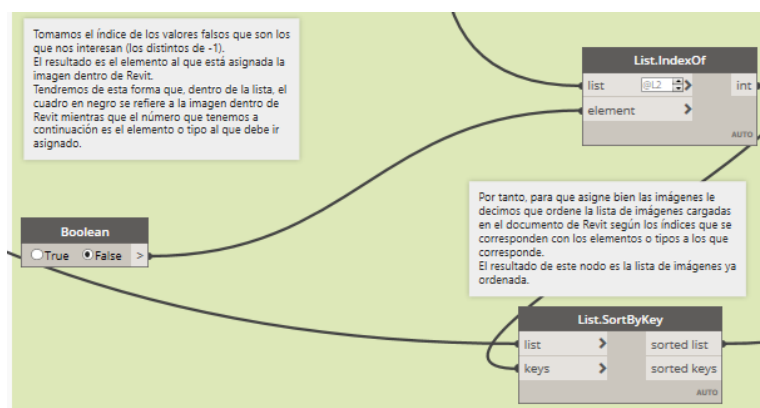
nodo “=”, obteniendo una lista de condiciones booleanas (true o false). Más tarde, extraemos los índices de las condiciones que son verdaderas, es decir, aquellas posiciones donde la ruta de la imagen de REVIT y de la hoja Excel coinciden. Esto lo hacemos con el nodo “List.IndexOf”. Cuando no coincidan, el índice que obtenemos como salida es -1. Por lo tanto, ahora solamente nos queda extraer los índices que son distintos a -1. Usamos el nodo “=” otra vez para comparar la lista de índices con el número -1 y así volver a obtener una lista booleana de condiciones con la que podemos saber en qué posición se encuentran las imágenes que coinciden.

Ilustración 146.- Comparamos las rutas de las imágenes en REVIT con las rutas de la hoja Excel



Ahora pasamos a ordenar las imágenes. Nos interesa quedarnos con la posición de las condiciones que son falsas (distintas de -1). Para ello empleamos el nodo “List.IndexOf” cuya entrada será la lista de condiciones booleanas y la condición de False. De esta forma, la salida será una lista donde tenemos que el nivel inferior (@L1) es el elemento al que le corresponde la imagen de REVIT cuya posición en orden alfabético es la que tenemos en el nivel superior a este (@L2). Con esto ya sí podemos ordenar la lista de las imágenes ordenadas alfabéticamente. Para esto solo tenemos que usar el nodo “List.SortByKey” donde las entradas serán por un lado esta última lista que nos indica cómo deben organizarse las imágenes, y la lista de las imágenes que tenemos cargadas en REVIT y están ordenadas alfabéticamente. En la Ilustración 147 podemos ver este proceso, acompañado de unas notas para comprender mejor el resultado de cada paso.

Ilustración 147.- Ordenamos las imágenes



La salida de este último nodo será por lo tanto las imágenes ordenadas así que podemos emplear esta salida para modificar ya directamente el parámetro de imagen. Usamos el nodo Element.SetParameterByName donde las entradas serán esta lista de las imágenes ordenadas, los elementos seleccionados y el nombre de los parámetros.

5.8.3 MODIFICAMOS LA INFORMACIÓN DE LOS PARÁMETROS. ALTERNATIVA 2

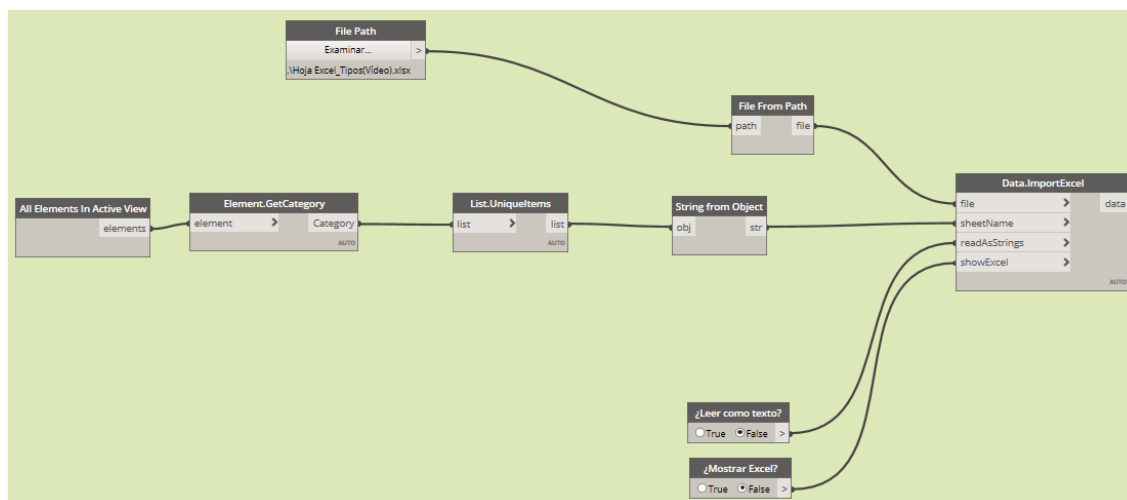
Al igual que hicimos antes para la exportación de parámetros, explicaremos ahora cómo podemos importarlos empleando el nodo All Elements In Active View. Es importante señalar que para un óptimo funcionamiento de esta rutina sería conveniente emplear los ficheros Excel obtenidos de la rutina anterior, la de exportar parámetros. Con esto volveríamos a evitar tener que seleccionar los elementos a los que queremos asignarles nuevos valores en sus parámetros. En este caso, existen mayores diferencias entre la importación de

información a parámetros de ejemplares y parámetros de tipos de familia. Por ello, se ha decidido realizar dos rutinas diferentes.

5.8.3.1 Parámetros de tipo

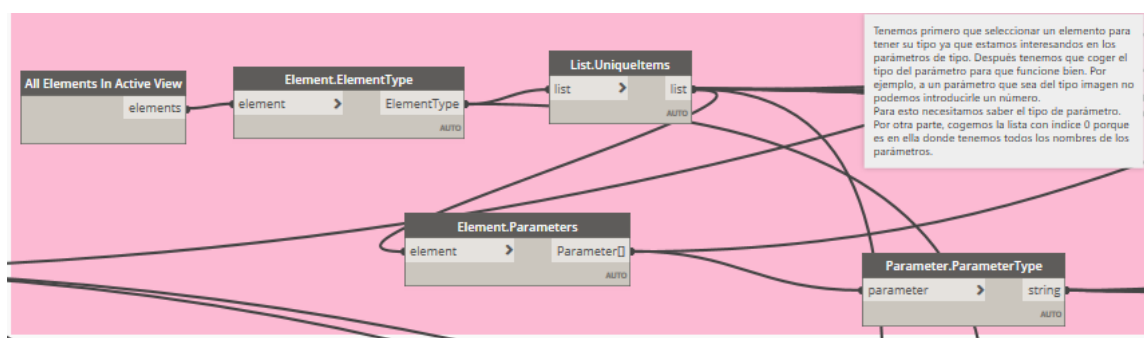
Empezaremos con la importación en los parámetros de los tipos de familia. Al haber organizado el fichero según las categorías, podemos automatizar el proceso de selección de la información. De esta forma, seleccionamos las categorías a las que pertenecen los elementos que tenemos en la vista actual y estas serán los nombres de las hojas que nos interesan. Para importar la información usamos el nodo `Data.ImportExcel`. En este caso es importante señalar que tenemos la opción de que los datos que tenemos dentro sean importados como cadenas de texto o como números. Nos interesan ambos, por lo que duplicaremos esta parte para tener los datos como cadenas de texto y como números y así usarlos según el caso.

Ilustración 148.- Seleccionamos las hojas e importamos la información



Después de esto, tenemos que obtener el tipo de parámetros que es cada uno (aquí influye si acepta un número o una cadena) y los parámetros de los tipos de familia para luego poder modificarlos. Seleccionamos así todos los tipos de familia existentes en el modelo y tras extraer sus parámetros, obtenemos también el tipo de cada parámetro. Todo esto podemos verlo en la Ilustración 149.

Ilustración 149.- Extraemos los parámetros y el tipo



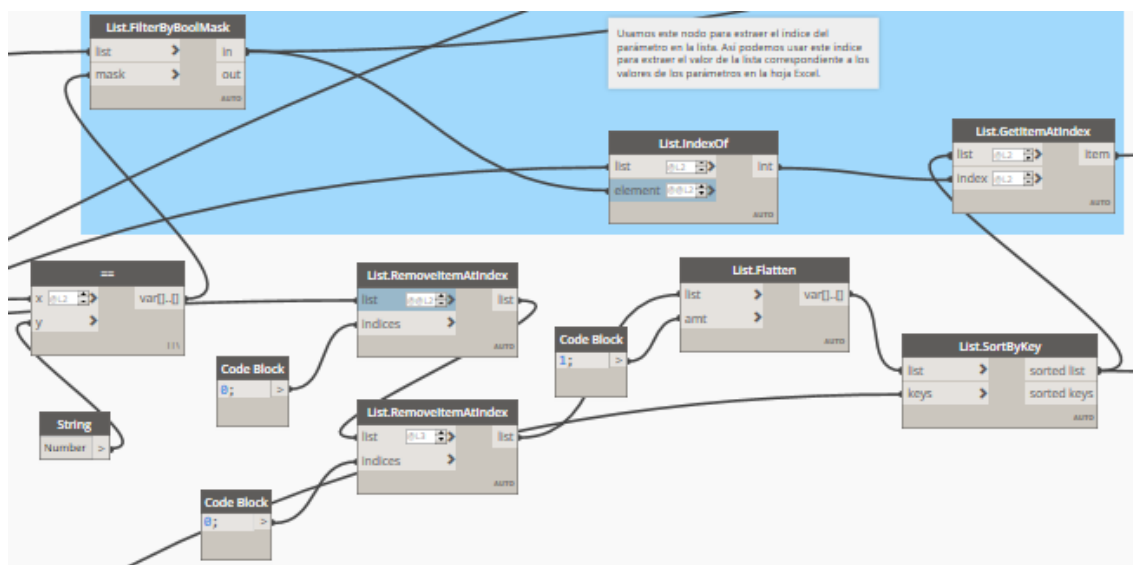
El siguiente paso es organizar estos datos. Si analizamos el proceso seguido hasta ahora, vemos que hemos importado la información y seleccionado los parámetros de los tipos de familia mediante métodos diferentes. Por lo tanto, en general no tiene por qué coincidir el orden. Para ello, ordenamos los datos importados según el software ha ordenado los tipos de familia. Usaremos un parámetro para esto pues es la opción más sencilla. Como tenemos el Id de los tipos de familia, veremos el orden que siguen en ambos casos y haremos que coincidan, modificando el orden en el que se introducen los datos importados.

A continuación, pasamos a modificar el valor del parámetro. Para poder modificarlo, es muy importante conocer el tipo de parámetro que es cada uno. De esta forma, habrá algunos que sean número, longitud, texto... En cada caso realizaremos esta secuencia que vamos a describir.

Empezamos obteniendo el nombre de cada parámetro. Después, realizamos un filtro según el tipo de

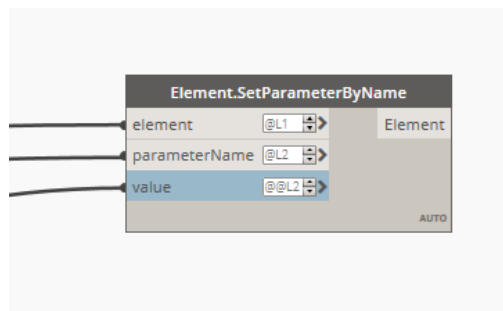
parámetro que queremos modificar en este caso. Filtramos ahora la lista de los nombres de parámetros y luego, tomamos los índices en los que tenemos el tipo de parámetro en el que estamos interesados. Más tarde, cogemos la lista de datos importados y eliminamos la información correspondiente al Id para que así coincida con los parámetros extraídos de los tipos de familia del modelo (el Id no viene como parámetro en los tipos de familia). Tras esto, ordenamos la lista según dijimos anteriormente y extraemos la información que tenemos en los índices que conseguimos antes. Ahí tenemos los datos de los parámetros que queremos modificar.

Ilustración 150.- Obtenemos los datos de los parámetros



Para terminar, modificamos los parámetros con el nodo Element.SetParameterByName. Seleccionamos los tipos de familia (salida del nodo List.UniqueItems de la Ilustración 149), el nombre de los parámetros (salida del nodo List.FilterByBoolMask de la Ilustración 150) y establecemos el valor (salida del nodo List.GetItemAtIndex de la Ilustración 150).

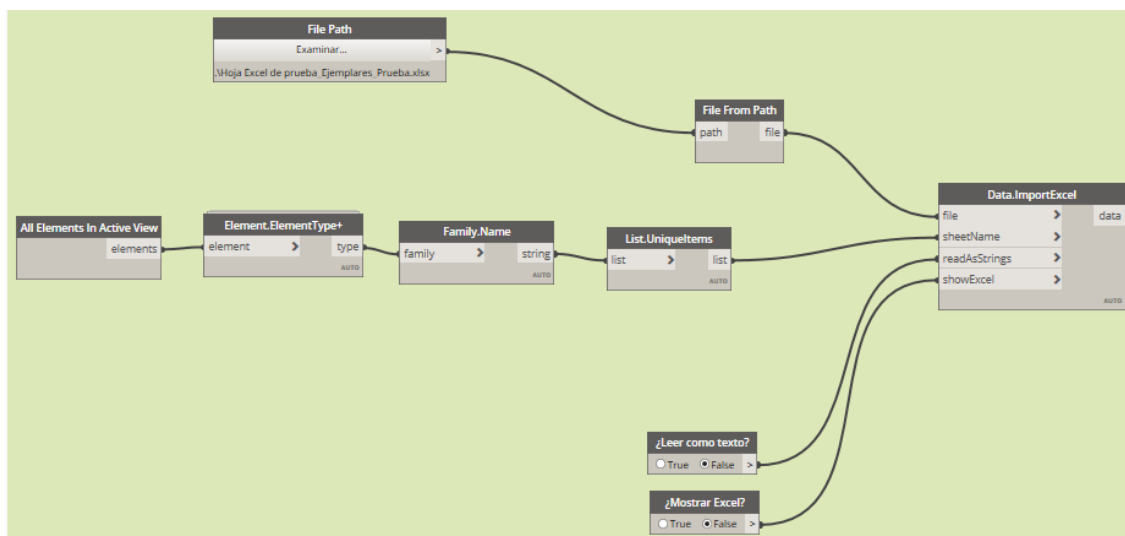
Ilustración 151.- Modificamos los parámetros



5.8.3.2 Parámetros de ejemplar

Por otra parte, para importar la información de los parámetros de los ejemplares el proceso es más sencillo. En este caso, volvemos a seleccionar los tipos de familia que tenemos en el modelo que serán los nombres de las hojas dentro del fichero Excel.

Ilustración 152.- Seleccionamos las hojas e importamos la información



En este caso volvemos a duplicar el nodo `Data.ImportExcel` para tener los datos como cadenas de texto y como números.

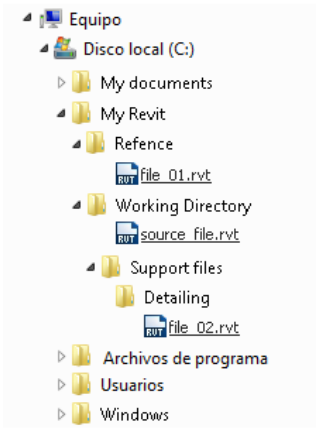
Los siguientes pasos son iguales a los del caso anterior. Al igual que nos pasaba con la importación de datos en los parámetros de los tipos de familia, ahora también necesitamos ordenar la información. Por lo tanto, la rutina es prácticamente la misma salvo que ahora importamos los datos de los ejemplares. De esta forma, directamente copiando la rutina anterior tendríamos el resultado de esta.

5.8.4 RUTAS RELATIVAS Y ABSOLUTAS

Por último, para terminar con este apartado de importación de parámetros vamos a realizar un apunte sobre cómo podemos introducir las rutas dentro del fichero Excel para asignarla a parámetros de tipo imagen cuando estamos empleando la primera opción o a parámetros del tipo URL. Es importante analizar esta parte porque cuando generamos un modelo BIM implica que con él trabajarán varias disciplinas que pueden no tener ninguna relación entre sí. Y trabajar con el modelo BIM conlleva también transmitir toda la información asociada dentro de ese modelo. De esta forma, surge ahora un problema en cuanto a las rutas de los archivos correspondientes a las imágenes, PDF y Excel entre otros. Si queremos permitir traspasar toda la información debemos acudir a rutas relativas en vez de rutas absolutas.

Una ruta absoluta es la que hace referencia a la dirección donde se encuentra un archivo dentro de nuestro equipo o red de trabajo. Por otra parte, una ruta relativa es la alternativa a estas rutas absolutas pues con ella podemos acceder al archivo desde cualquier equipo. Según [55], una ruta relativa nos da también la dirección de un archivo pero en este caso es en un directorio de trabajo. De esta forma, si tenemos todos estos archivos en un mismo directorio junto al modelo BIM podemos compartir este directorio cuando sea necesario y así no perderíamos la información. El objetivo es mantener este vínculo entre el modelo y los archivos disponible en todo momento. De acuerdo con [55], es cierto que cuando no se pretenda mover estos archivos del directorio de trabajo no sería necesario crear rutas relativas. Sin embargo, vemos que las relativas llegan a ser más útiles que las absolutas.

Ilustración 153.- Ejemplo



Fuente 3:[55]

Ilustración 154.- Rutas

Archivo	Ruta absoluta	Ruta relativa
sourcefile.rvt	C:\My Revit\Working Directory\source-file.rvt	source-file.rvt
file_01.rvt	C:\My Revit\Reference\file_01.rvt	..\Reference\file_01.rvt
file_02.rvt	C:\My Revit\Working Directory\Support Files\Detailing\file_02.rvt	Support Files\Detailing\file_02.rvt

Fuente 4:[55]

Por tanto, vistos estos ejemplos podemos ver que la estructura que sigue la ruta relativa es la que tenemos en la Tabla 1.

Tabla 1.- Ruta relativa

.. \ _____ \ _____ \ _____ . _____				
Estos dos puntos se colocan siempre al principio y son los que nos permiten generar la ruta relativa. Con esto eliminamos la primera parte de la ruta absoluta que sería llegar hasta el directorio de trabajo.	En este apartado se sitúa el nombre del directorio de trabajo donde se encuentra el archivo del proyecto de REVIT y que engloba a todas las imágenes, PDF, ficheros Excel y demás información.	En esta posición pasamos a la subcarpetas en las que estructuramos el directorio de trabajo. Este apartado se repite tantas veces como subcarpetas haya hasta llegar a la carpeta que nos lleva al archivo.	Este es el último apartado y se corresponde con el archivo al cual queremos hacer referencia con la ruta. En esta primera parte se encuentra el nombre del archivo.	Para finalizar, seguido de un punto indicamos el formato del archivo de trabajo. Por ejemplo, un archivo PDF sería .pdf, un fichero Excel sería .xlsx y una imagen podría ser .png o .jpg.

6 CONCLUSIONES

A continuación, vamos a describir las conclusiones extraídas tras la realización del presente Trabajo Fin de Grado. La línea del trabajo ha sido la de investigar en la automatización de procesos y con esto hemos visto que sin emplear un excesivo tiempo en la realización de las rutinas obtenemos resultados impresionantes y de gran utilidad. Para ello, hemos empleado el software de programación visual DYNAMO enlazado con el software BIM REVIT. Por lo tanto, las conclusiones están realizadas con el uso de la herramienta y con la automatización de procesos. En los siguientes puntos recogemos las conclusiones extraídas del trabajo:

- Automatizamos procesos.
- Generamos elementos de geometría compleja
- Gestionamos la información de forma rápida y eficiente.
- Adaptamos funciones de REVIT.
- La programación visual no es compleja.
- Gran variedad de nodos y paquetes de nodos.
- Filosofía del software.
- Permite adaptar funciones rápidamente.
- Las rutinas pueden añadirse al entorno colaborativo de la empresa.
- Interoperabilidad.

6.1 AUTOMATIZAMOS PROCESOS

Gracias a la generación de las rutinas con DYNAMO podemos automatizar procesos que se suelen dar tanto en la redacción de los proyectos BIM como en su posterior ejecución y gestión. Es muy importante destacar este aspecto pues gracias a ello conseguimos ahorrar una cantidad de tiempo considerable que podemos emplear en otras tareas.

6.2 GENERAMOS ELEMENTOS DE GEOMETRÍA COMPLEJA

Al emplear elementos geométricos simples como son los puntos, se facilita la generación de elementos con formas complejas. Sabiendo cuáles son los puntos de interés, luego es fácil crear estos sólidos 3D. Teniendo estos puntos, generamos las líneas a través del punto de inicio y fin. Por último, tenemos varias opciones para crear el sólido como podría ser a través de la revolución, asignándole un espesor a la superficie generada... De esta forma, teniendo una definición adecuada de las dimensiones del elemento no es complicado generarlo gracias a todos los nodos que nos ofrece la herramienta.

6.3 AUTOMATIZAMOS FUNCIONES DE REVIT

Al usar esta herramienta de programación visual (DYNAMO) enlazada con REVIT, podemos generar secuencias de comandos con las que desarrollemos funciones propias de REVIT. Por ejemplo, hemos visto el caso donde se automatiza el proceso de generar un filtro y aplicarlo en una vista duplicada. Con esto, además de conseguir funciones de REVIT también podemos adaptarlas a nuestras necesidades. En el ejemplo anterior, conseguimos directamente aplicar el filtro mientras que dentro de REVIT deberíamos hacer pasos intermedios. Otro ejemplo que hemos desarrollado es el de la función Crear piezas de REVIT. Gracias a la rutina generada simplificamos este proceso tan útil dentro de la planificación de la obra, siendo necesario solamente indicar el elemento y la altura a la que lo queremos dividir.

6.4 LA PROGRAMACIÓN VISUAL

Al realizar las rutinas generadas en los casos prácticos nos hemos dado cuenta de que este lenguaje de programación no conlleva un periodo de aprendizaje excesivo. Prueba de ello es que en un periodo de cuatro meses hemos generado ocho rutinas diferentes con varias alternativas posibles.

Este aspecto ayuda al desarrollo de esta herramienta (DYNAMO) ya que obtenemos resultados a corto plazo. En caso de ser un lenguaje de programación más complejo, la curva de aprendizaje sería mucho más lenta y esto podría ser un impedimento para el desarrollo de la herramienta por parte de los usuarios.

6.5 GRAN VARIEDAD DE NODOS Y PAQUETES DE NODOS

Cuando accedemos al entorno de DYNAMO, tenemos a la izquierda un apartado con todos los nodos disponibles. Si nos detenemos a analizarlo vemos que la cantidad de nodos que hay es muy grande, lo cual es un aspecto positivo. Esto nos permite realizar numerosas tareas relacionadas con la generación de elementos, gestión de la información... Además, podemos ampliar más esta biblioteca descargando los paquetes de nodos disponibles en línea. Con esto cubrimos prácticamente todas las aplicaciones que se nos puedan ocurrir.

6.6 FILOSOFÍA DEL SOFTWARE

Con la realización de los casos prácticos nos hemos percatado de que es muy importante comprender la filosofía de trabajo del programa. Con esto nos referimos a que, por ejemplo, no podemos trabajar directamente con elementos de REVIT sino que debemos trabajar con elementos geométricos. De esta forma, si quisiéramos realizar un corte transversal de un pilar que tenemos dentro del proyecto de REVIT necesitaríamos en primer lugar convertirlo en un sólido y luego realizar el corte. En el caso práctico de medición del área de los pilares vemos un ejemplo. En este caso necesitamos convertir el elemento a un sólido para poder medir el área.

Por otra parte, la forma de trabajar con las listas y los niveles en los que se agrupa la información también es muy importante comprenderla. En muchas ocasiones una mala gestión de estos nos lleva a resultados erróneos.

6.7 ADAPTAMOS FUNCIONES RÁPIDAMENTE

Como bien hemos visto en algunos ejemplos desarrollados a lo largo del presente trabajo, podemos adaptar las rutinas para conseguir resultados ligeramente diferentes. Únicamente variando algunos nodos, hacemos que la rutina pase de medir el área total de los paramentos verticales de un pilar a medir un área concreta de estos pilares. Esto se puede aplicar a cualquier caso que se nos presente. Por lo tanto, teniendo automatizado el proceso general que estamos buscando después es sencillo concretar la rutina para obtener el resultado esperado.

6.8 RUTINAS DENTRO DEL ENTORNO COLABORATIVO

Si estamos generando una serie de rutinas que serán útiles para la empresa, podemos hacer una publicación local de estas y así permitir que cualquier usuario acceda a ellas. De esta forma, favorecemos el empleo de esta herramienta además de ahorrar tiempo en ciertas tareas a todo el personal de la empresa que necesite las rutinas creadas.

6.9 INTEROPERABILIDAD

El software nos ofrece una gran interoperabilidad con otros programas que ya conocemos actualmente. Como hemos visto en los ejemplos prácticos, podemos llegar a gestionar la información a través de ficheros Excel con los cuáles estamos más familiarizados. También podemos trabajar con archivos PDF, con imágenes, con archivos .CSV, .TSV... La lista es bastante amplia, siendo este un aspecto destacable de esta herramienta de programación visual.

7 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Para terminar, hablaremos de posibles líneas de investigación que consideramos interesantes tras haber analizando la situación actual en la que nos encontramos. Estas líneas parten del empleo de este software compatible con REVIT que hemos venido estudiando durante todo el trabajo, DYNAMO.

Actualmente quedan por investigar muchas aplicaciones diferentes que podemos realizar con DYNAMO pues es un software actual y que con el paso del tiempo cada vez adquiera mayor importancia. Además, buscando información en redes de comunicación como puede ser LinkedIn vemos que cada vez tenemos mayor información acerca de esta herramienta y que constantemente aparecen nuevas herramientas generadas con DYNAMO. Por otra parte, existen varias páginas web que dedican gran parte de su contenido al estudio de este software. Entre estas encontramos la de Especialista 3D, [56], con la que hemos podido aprender bastante acerca de esta herramienta.

Como mencionamos antes, vamos a hablar sobre posibles líneas de trabajo o investigación. Las que hemos considerado más importantes son las que tenemos a continuación.

7.1 APLICACIÓN DE DYNAMO A LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL O MODELADO DEL ENTORNO

DynaMaps es una aplicación que nos permite importar la geometría existente en un lugar concreto a DYNAMO para poder manipularla e interactuar con ella. Tenemos además la opción de crear objetos geométricos de REVIT a través de estos nodos. Incluso podemos llegar a introducir la geometría de la carretera que tenemos en la zona. [57]

Como vemos, las aplicaciones que podemos darle a esta herramienta son numerosas. Sería por lo tanto interesante investigar acerca de su posible enfoque hacia la planificación territorial. Además, otra línea de investigación sería analizar su empleo como rutina que modela el emplazamiento donde se situará la estructura que estamos proyectando. Por ejemplo, si estamos diseñando una edificación nueva dentro de una zona urbanizada en la que encontramos estructuras colindantes podríamos estudiar hasta qué punto nos sería útil esta herramienta.

Por supuesto, la opción de tomar este ejemplo como referencia para generar una rutina con la que obtengamos un resultado similar también deberíamos tenerla en cuenta. Así podríamos adaptarla a nuestras necesidades y darle el enfoque que nos interese.

7.2 AUTOMATIZACIÓN DE CONEXIONES ENTRE ELEMENTOS PREFABRICADOS CON DYNAMO

Con la nueva versión de REVIT, denominada REVIT 2020, tenemos algunas mejoras interesantes que se han realizado. Una de ellas es la que nos permite insertar uniones metálicas con DYNAMO para así acelerar este proceso. Para ello, tenemos un nuevo paquete que podemos descargar en DYNAMO denominado Autodesk Steel Connections. Con esto podremos colocar automáticamente las conexiones de una estructura metálica. Esta aplicación sería muy interesante analizarla en el modelo de naves industriales, por ejemplo. Aquí nos encontramos con numerosas uniones que gracias a este paquete podemos generar automáticamente uniones estándar o personalizadas. [58]

Por lo tanto, teniendo esta rutina disponible podríamos estudiarla e intentar adaptarla para generar conexiones entre elementos prefabricados con DYNAMO. En la asignatura de Construcciones Prebricadas cursada en el cuarto curso del grado de Ingeniería Civil en la Universidad de Sevilla hemos visto diferentes tipologías de uniones entre elementos prefabricados. Hemos visto uniones rígidas entre pilares y vigas, uniones articuladas entre pilares y vigas, uniones entre los paneles de la fachada de una estructura con los pilares... De la misma forma que en la rutina anterior, podríamos investigar acerca de la automatización de estas conexiones de elementos prefabricados. De esta forma, conseguiríamos así una reducción importante del trabajo empleado en el modelado de una estructura prefabricada.

7.3 INTRODUCIR DATOS DE ENTRADA A TRAVÉS DE VENTANAS EMERGENTES

Otro de los aspectos que se podrían mejorar para facilitar el trabajo con DYNAMO es la actualización del Reproductor de DYNAMO hacia una herramienta más intuitiva. Si bien es verdad que en la versión 2.0.2 de DYNAMO se ha observado una cierta mejora respecto a la versión anterior, también es cierto que aún quedan algunos aspectos que pulir.

Como alternativa al reproductor existen unos nodos que podemos implementar dentro de nuestra rutina de DYNAMO y que consiguen un aspecto más depurado y sencillo en la entrada de datos. Con el empleo adecuado de estos nodos podemos conseguir que al ejecutar la rutina los datos se introduzcan a través de una ventana emergente y no sea necesario introducirlos mediante el reproductor de DYNAMO.

Por lo tanto, vemos como posible línea de trabajo la investigación de estos nodos para poder facilitar el proceso de introducción de datos en las secuencias de comandos que hemos generado con DYNAMO. Los nodos que nos permiten hacer esta operación son del paquete Data-Shapes, versión 2019.2.30, [59].

7.4 GENERACIÓN DE NODOS PERSONALIZADOS CON PYTHON

Esta línea de trabajo teníamos que incluirla ya que como hemos visto es de gran utilidad y puede ayudarnos en bastantes ocasiones. Una de las principales desventajas que posee la programación visual en DYNAMO es que su flujo debe ser lineal. Por lo tanto, no podríamos usar bucles en los casos que fueran necesarios y tampoco podríamos emplear otras herramientas que no sean las que tenemos predefinidas en los nodos de DYNAMO.

Sin embargo, gracias a esto ampliamos inmensamente las aplicaciones que podemos conseguir. Con el simple hecho de añadir un nodo que no permita acceder a una consola de programación, esto nos permite realizar estos bucles tan importantes dentro de la programación, o establecer condiciones lógicas de forma sencilla y rápida.

Por tanto, consideramos que una interesante línea de trabajo es el estudio del lenguaje de programación Python y de la API de REVIT, para poder enlazar los códigos de programación con el proyecto BIM.

REFERENCIAS

- [1] U. de Sevilla, “Depósito de investigación.” [Online]. Available: <https://idus.us.es/xmlui/>. [Accessed: 07-Jul-2019].
- [2] ORNIA NUÑEZ, Francisco Javier, 2019. *Modelado de información y digitalización de las linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla* [en línea]. Francisco Rico Delgado, David Marín García, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/83464>
- [3] VERA GALINDO, Carmen, 2018. *Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 5D Costes* [en línea]. Blas González González, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/84165>
- [4] HIDALGO SÁNCHEZ, Francisco Manuel, 2018. *Interoperatividad entre SIG y BIM aplicada al patrimonio arquitectónico, exploración de posibilidades mediante la realización de un modelo digitalizado de la Antigua Iglesia de Santa Lucía y posterior análisis* [en línea]. Antonio Jaramillo Morilla, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/79394>
- [5] RAMOS SÁNCHEZ, Daniel, 2018. *Desarrollo instrumental de ACV en plataformas BIM, herramienta paramétrica de visualización de resultados* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/83228>
- [6] CLAVIJO MACÍAS, Carlos, 2018. *Análisis de ciclo de vida de soluciones arquitectónicas ligeras y de rápido montaje, estudio de prototipos y procesos constructivos, los modelos de pórtico axial de Jean Prouvé* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/83224>
- [7] ARANDA LÓPEZ, Álvaro, 2018. *Análisis, levantamiento, proceso constructivo, modelado y recreación virtual del Puente del Cristo de la Expiración* [en línea]. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/82272>
- [8] ALGARÍN GONZÁLEZ, Alejandro, 2017. *Aplicación del software AutoCad Civil 3d al diseño de una nueva presa en el pantano de la Concepción, Málaga* [en línea]. Manuel Morato Moreno, Francisco Cabezas García, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/69846>
- [9] BLÁZQUEZ RECIO, Alfonso José, 2017. *Levantamiento, recreación virtual y proceso constructivo de la Pasarela de la Cartuja* [en línea]. Manuel Morato Moreno, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/62252>
- [10] GARCÍA ROMERO, Ester, 2017. *Análisis formal, modelado y recreación virtual del Puente y Viaducto del Alamillo. Sevilla* [en línea]. Manuel Morato Moreno, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Gráfica, Sevilla [consulta: 07 de julio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/64685>
- [11] MARTÍN RODRÍGUEZ, Antonio, 2017. *Predicción de deterioro y Conservación Preventiva*

- mediante sistemas BIM de la muralla del Recinto I del Real Alcázar de Sevilla (Casas 7 y 8 del Patio de Banderas)* [en línea]. Manuel Macías Montero, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas II (ETSIE), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/56112>
- [12] ORMAZA GARCÍA, Fabricio A., 2017. *Análisis de ciclo de vida de modelos habitaciones de vivienda unifamiliar en entornos de clima cálido húmedo, Ecuador Siglo XXI* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70105>
- [13] CONEJERO DÍAZ, Javier, 2017. *Análisis de ciclo de vida de la Casa Wichita, materialidad y proceso constructivo* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70080>
- [14] REYES BORBÓN, Mabel Scarlen, 2017. *Análisis comparativo de sistemas constructivos pesados vs ligeros, mediante herramientas LCA-BIM, en el contexto caribeño, República Dominicana* [en línea]. Juan Carlos Gómez de Cózar, Antonio García Martínez, Marta Ruíz Alfonsea, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70088>
- [15] CORONADO HERNÁNDEZ, Gabriela, 2017. *Influencia de las estrategias de diseño pasivo en la reducción del consumo energético de la tipología de edificio docente de la República Dominicana mediante el BIM* [en línea]. David Moreno Rangel, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/69975>
- [16] GONZÁLEZ CUDER, Manuel, 2017. *Recuperación histórica de la obra desaparecida de Aníbal González, Café París, Sevilla* [en línea]. Isidro Cortés Albalá, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/64873>
- [17] DOMÍNGUEZ BLANCO, Victoria, 2015. *Estudio sobre la implementación de la tecnología BIM en las contrataciones de obra pública* [en línea]. Isidro Cortés Albalá, dir. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/41359>
- [18] GÓMEZ RODRÍGUEZ, Matías. *Integración de procesos BIM en levantamiento de edificios existentes: edificio de laboratorios de la E.T.S.I.E., Campus Universitario Reina Mercedes, Sevilla, 2015* [en línea]. Isidro Cortés Albalá, dir. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación, Sevilla [consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/36449>
- [19] Autodesk, “Getting Situated with Dynamo.” [Online]. Available: <https://dynamobim.org/learn/#161>. [Accessed: 23-Apr-2019].
- [20] Autodesk, “Todos los productos,” 2019. [Online]. Available: <https://www.autodesk.es/products>. [Accessed: 08-Jul-2019].
- [21] Bibliocad, “Dynamo: La app para Revit (parte 1).” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=B-ewA4NAh4I>. [Accessed: 26-Apr-2019].
- [22] D. Domina, “Para que sirve Dynamo.” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=GeyHyDuptYY>. [Accessed: 26-Apr-2019].
- [23] E. V, “¿Qué es Rhino? - Rhinoceros 5 - 2017,” 2017. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=JhmAYA5_pSs. [Accessed: 20-Jun-2019].
- [24] S. Studio, “¿Es Rhinoceros una herramienta BIM?” 2016. [Online]. Available: <http://www.studioseed.net/blog/software-blog/parametric-generative-design-blog/rhinoceros/es-rhinoceros-una-herramienta-bim/>. [Accessed: 20-Jun-2019].

- [25] S. Davidson, "Grasshopper," 2019. [Online]. Available: <https://www.grasshopper3d.com/>. [Accessed: 20-Jun-2019].
- [26] A. Méndez Martín, "Tema 1 . Revit Architecture : Diseño BIM e Introducción a familias y masas Docente autor : Antonio Méndez Martín," pp. 1–132.
- [27] NubeREVIT, "¿CÓMO SE ESTRUCTURA REVIT?: CATEGORÍAS, FAMILIAS Y TIPOS." [Online]. Available: <https://www.nuberevit.com/single-post/2016/08/23/Familias-y-tipos-de-familia-¿Cómo-se-estructuran>. [Accessed: 08-Jul-2019].
- [28] Especialista 3d, "Familias de Revit, categorías, tipos y ejemplares." [Online]. Available: <https://especialista3d.com/familias-de-revit/>. [Accessed: 08-Jul-2019].
- [29] Especialista 3d, "Parámetros de Revit 2019." [Online]. Available: <https://especialista3d.com/parametros-de-revit/>.
- [30] Autodesk, "About Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-AEBA08ED-BDF1-4E59-825A-BF9E4A871CF5>. [Accessed: 13-Apr-2019].
- [31] Autodesk, "Create Project Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-28CBBEC2-6262-42D3-AE41-B36166E8318F>. [Accessed: 13-Apr-2019].
- [32] Autodesk, "Shared Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-E7D12B71-C50D-46D8-886B-8E0C2B285988>. [Accessed: 13-Apr-2019].
- [33] Autodesk, "Create Shared Parameter Files, Groups, and Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-94EA2B8E-2C00-4D29-8D5A-C7C6664DE9CE>. [Accessed: 13-Apr-2019].
- [34] Autodesk, "Export Shared Parameters to a Shared Parameter File." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-AD648C07-0C2F-478D-AD9D-4F9A5FF515E6>. [Accessed: 13-Apr-2019].
- [35] Autodesk, "Add Shared Parameters to Families." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-B70B059A-66B1-4E35-A143-F9C1DB8FBA55>. [Accessed: 13-Apr-2019].
- [36] Autodesk, "View, Move and Delete Shared Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-B376E633-A0B5-462B-AC2E-49F04D9B29F2>. [Accessed: 13-Apr-2019].
- [37] Autodesk, "Create Family Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-921F7A15-D191-4F75-8243-4989C482E253>. [Accessed: 17-Apr-2019].
- [38] Autodesk, "About Global Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-243F2F11-91C2-40CF-9784-9B1BB4CC48DE>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [39] Autodesk, "Create Global Parameters." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-30CE876E-36A1-4753-B482-424FC891C470>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [40] Autodesk, "Assign a Global Parameter." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-C6AF47D9-B4C3-4101-842C-81FDDF61FFFF>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [41] Autodesk, "Label a Dimension With a Global Parameter." [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-4FF132BC-519A-4D9F-B733-DC33D0FD995A>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [42] Autodesk, "Common Family Parameters." [Online]. Available:

- <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-ACDC1C99-0278-4FC8-9E42-19659D7534F9>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [43] Autodesk, “Structural Family Parameters.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-CCD6FCC1-C321-4526-A391-4AF12D9954A4>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [44] Autodesk, “HVAC Family Parameters.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-8136C577-5C69-4694-B703-8BD015697B5B>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [45] Autodesk, “Electrical Family Parameters.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-4E5DD909-DD4C-41B9-83DB-37E9F7CA9639>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [46] Autodesk, “Piping Family Parameters.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-5F7E1D2D-7615-44FF-852B-53BAE7D9F700>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [47] Autodesk, “Energy Family Parameters.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-F09A2084-D202-47A2-AD26-5773E2D9C33D>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [48] Autodesk, “About Reporting Parameters.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ENU/?guid=GUID-DBC31A77-813A-47E0-8EFA-B6D821F75EDB>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [49] I. Muñoz Lozano, “Proyecto de E.D.A.R, Proyecto Fin de Grado, Grado en Ingeniería Civil, Intensificación en Hidrología,” 2016.
- [50] Archi-lab.net, “archi-lab.net.” [Online]. Available: <http://archi-lab.net/>. [Accessed: 11-Jun-2019].
- [51] GitHub, “Clockwork for Dynamo.” [Online]. Available: <https://github.com/andydandy74/ClockworkForDynamo>. [Accessed: 11-Jun-2019].
- [52] Autodesk, “Acerca de la aplicación de una función a una capa de una estructura compuesta.” [Online]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ESP/Revit-Model/files/GUID-1CCD1005-CBDA-4338-8D60-489095D4BB25-htm.html>. [Accessed: 26-May-2019].
- [53] Autodesk, “Crear un muro a partir de una cara de masa.” [Online]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ESP/Revit-Model/files/GUID-D41E5FFB-CF2B-4621-A873-166209C1ADA8-htm.html>. [Accessed: 15-May-2019].
- [54] GitHub, “Orchid.” [Online]. Available: <https://github.com/erfajo/OrchidForDynamo>. [Accessed: 11-Jun-2019].
- [55] Autodesk, “Acerca de las rutas de directorio para modelos vinculados.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/?guid=GUID-C023902E-F685-4437-8DD9-156CB9C0E207>. [Accessed: 03-Jun-2019].
- [56] J. Hernández Guadalupe and L. Santamaría Gallardo, “Especialista 3D.” [Online]. Available: <https://especialista3d.com/>. [Accessed: 20-Jun-2019].
- [57] Data-Shapes, “DynaMaps,” 2019. [Online]. Available: <https://data-shapes.io/2019/06/07/getting-all-site-geometry-inside-dynamo-with-dynamaps/>. [Accessed: 20-Jun-2019].
- [58] Autodesk, “Revit 2020. New features.” [Online]. Available: <https://www.autodesk.es/products/revit/new-features>. [Accessed: 20-Jun-2019].
- [59] Data-Shapes, “Data-Shapes.” [Online]. Available: <https://data-shapes.io/>. [Accessed: 11-Jun-2019].
- [60] Dynamo, “Dynamo packages.” [Online]. Available: <https://www.dynamopackages.com/>. [Accessed: 11-Jun-2019].
- [61] GitHub, “Dynamo.” [Online]. Available: <https://github.com/DynamoDS/Dynamo>. [Accessed: 12-Jun-2019].

- 2019].
- [62] GitHub, “Wiki de Dynamo.” [Online]. Available: <https://github.com/DynamoDS/Dynamo/wiki>. [Accessed: 12-Jun-2019].
 - [63] Dynamo, “Dynamo.” [Online]. Available: <https://dynamobim.org/>. [Accessed: 12-Jun-2019].
 - [64] Dynamo, “Diccionario de Dynamo.” [Online]. Available: <https://dictionary.dynamobim.com/#/>. [Accessed: 12-Jun-2019].
 - [65] T. Hall and J.-P. Stacey, *Python 3 for Absolute Beginners*. 2009.
 - [66] Autodesk, “Revit API Docs.” [Online]. Available: <https://www.revitapidocs.com/>. [Accessed: 19-Jun-2019].
 - [67] Autodesk, “Reproductor de Dynamo.” [Online]. Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ESP/?guid=GUID-BFCE20D2-86D4-4591-8CF3-5405D26DB825>. [Accessed: 19-Jun-2019].

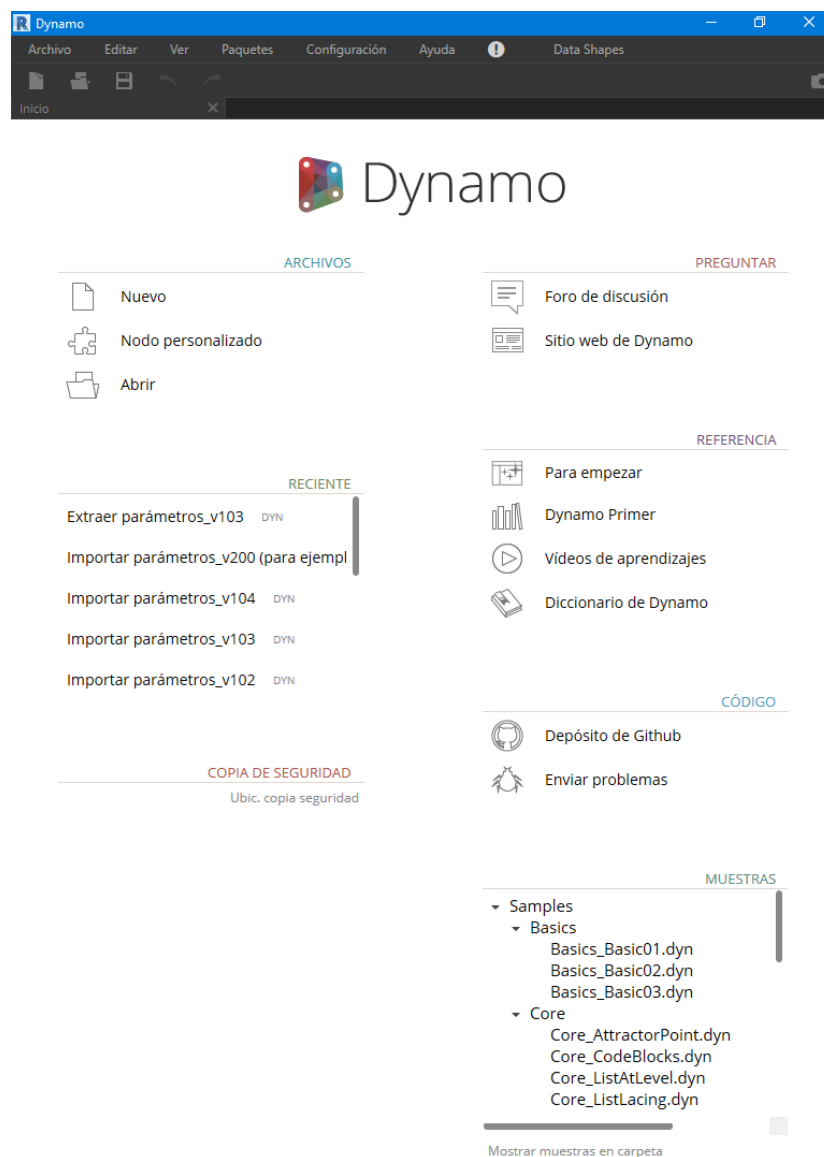
ANEJO 1.- DYNAMO

ENTORNO DE DYNAMO

En este punto pasaremos a describir cada apartado que nos encontramos cuando iniciamos DYNAMO. Con esto pretendemos ver qué es lo que nos ofrece el software y dónde podemos encontrarlo. Ya que sabemos cómo acceder a él desde REVIT, pasamos a analizar qué es lo que nos encontramos en la siguiente ventana que nos aparece. Como ya hemos mencionado, lo ejecutaremos a través de REVIT para que podamos disponer de la relación entre ambos programas.

La ventana de inicio que nos aparece al ejecutar DYNAMO incluye varios apartados como la gestión de archivos DYNAMO, los portales de acceso a fuentes de información y ejemplos que incluye el software por defecto. En la Ilustración 155 vemos esta primera ventana a la que nos referimos.

Ilustración 155.- Ventana inicial

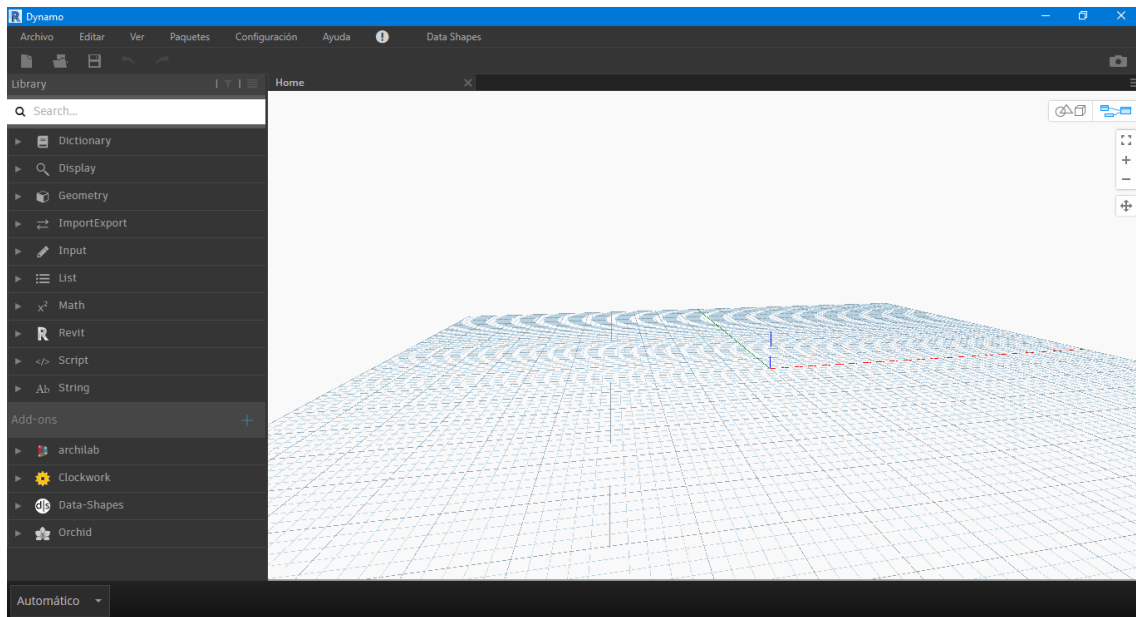


Desde aquí podemos elegir si queremos abrir un archivo DYNAMO (extensión .dyn) existente o si queremos iniciar un archivo nuevo.

Para analizar las herramientas que nos ofrece el programa vamos a generar un archivo nuevo. En la Ilustración

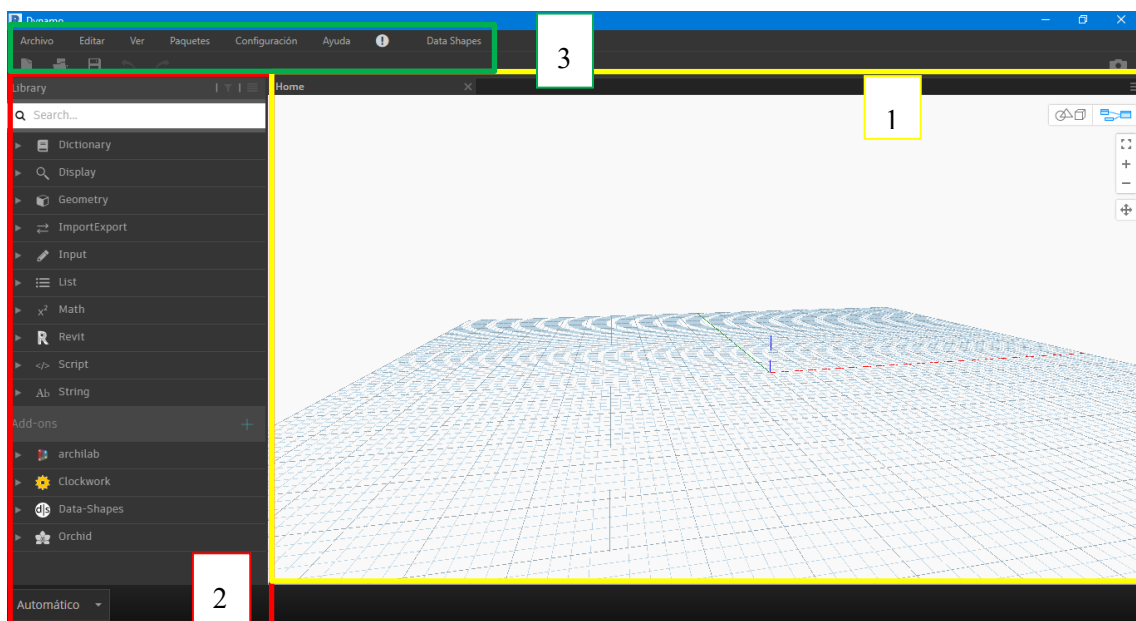
156 podemos ver cuál es la siguiente ventana que nos aparece, siendo este el espacio de trabajo que tendremos dentro de este software.

Ilustración 156.- Entorno del espacio de trabajo



Aquí podemos ver cómo es DYNAMO. Con un vistazo general podemos distinguir tres zonas que se han señalado en la Ilustración 157 con diferentes colores.

Ilustración 157.- Zonas



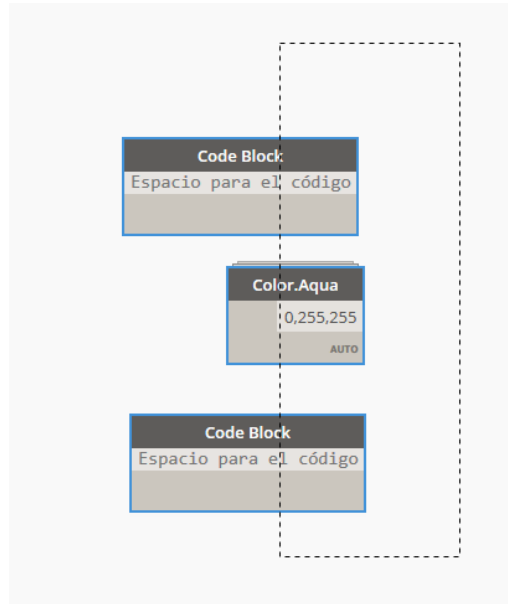
La zona 1 (amarilla) es el espacio de trabajo. En ella podremos visualizar la rutina que estamos generando junto con una visualización previa del resultado obtenido. Podremos ir alternando entre estos dos espacios de trabajo según nos convenga en ese momento con el panel que nos aparece en la esquina superior derecha. Además, también podemos realizar un encuadre a los objetos seleccionados y acercar o alejar estos objetos.

En el espacio de trabajo principal, donde se colocarán los nodos colocados, podemos realizar varias acciones con ellos. Aquí podríamos seleccionar varios nodos a la vez haciendo una ventana de selección (esta ventana funciona como en AutoCAD Civil 3D), podemos copiar y pegar nodos o un conjunto de ellos y también podemos realizar cambios dentro de estos nodos.

A continuación, pasaremos a describir estas acciones.

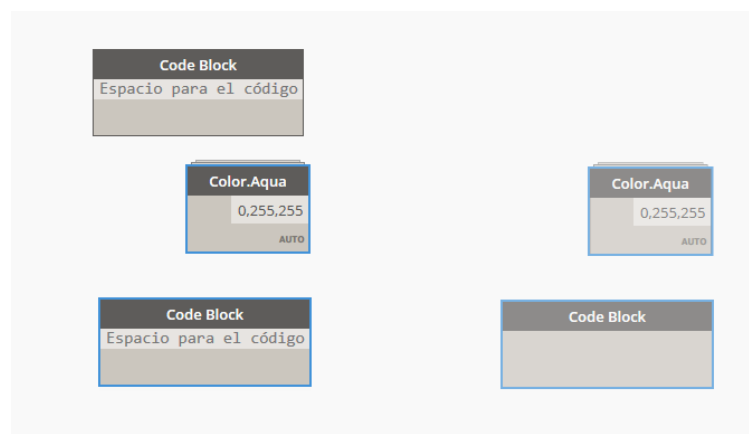
- Selección de nodos. Para ello, tenemos que dejar pulsado el clic izquierdo y desplazar el ratón. Si lo desplazamos hacia la izquierda, todo lo que toquemos con la ventana quedará seleccionado como vemos en la Ilustración 158. Sin embargo, si lo desplazamos hacia la derecha, solo se seleccionará lo que esté completamente dentro de la ventana.

Ilustración 158.- Selección de nodos



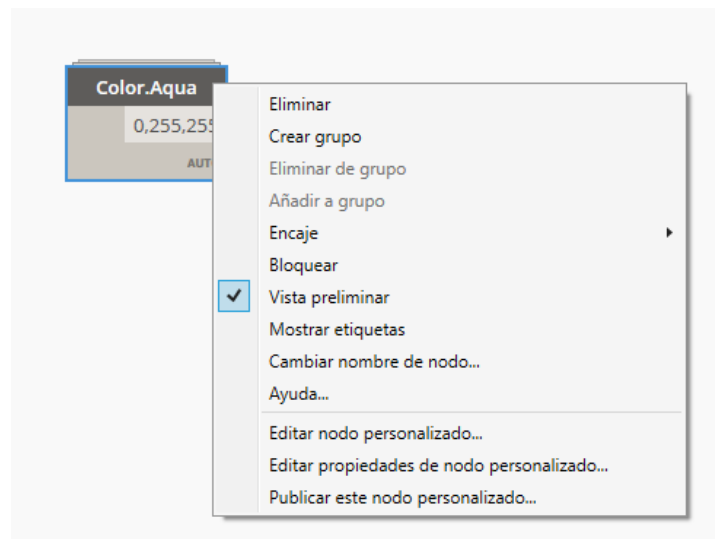
- Copiar y pegar. Está acción es muy útil cuando tenemos que repetir un mismo conjunto de nodos dentro de la misma rutina. Para ello, empezamos seleccionando el grupo de nodos que queremos copiar. Después, mientras mantenemos pulsada la tecla ctrl del teclado, hacemos clic en el nombre de uno de los nodos que tenemos seleccionado y lo arrastramos hacia la posición donde queramos copiarlo. Para terminar de copiarlos basta con soltar el clic izquierdo del ratón. En la Ilustración 159 podemos ver un ejemplo de esto. El nodo llamado Color.Aqua pertenece al paquete Clockwork for DYNAMO 2.x. Versión 2.1.2, [51].

Ilustración 159.- Copiar y pegar



- Acciones con los nodos. Dentro de un nodo podemos realizar varias acciones que debemos conocer pues son muy útiles durante la creación de las rutinas de trabajo. Para acceder a estas acciones, tenemos que seleccionar el nodo y hacer clic derecho sobre él. De esta forma nos aparecerán varias opciones que podemos realizar como vemos en la Ilustración 160.

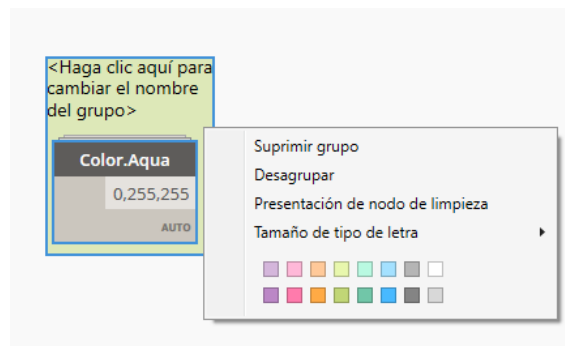
Ilustración 160.- Acciones con los nodos



Como vemos son varias las opciones que tenemos disponibles. Empezando desde la parte superior a la inferior, tenemos las siguientes:

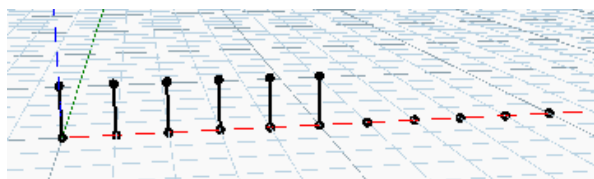
- Eliminar. Con esta acción suprimimos el nodo seleccionado.
- Crear grupo. Estos grupos son muy importantes para la organización del espacio de trabajo. Por ello, cuando queramos agrupar varios nodos seleccionamos esta opción. Podemos modificar el nombre del grupo, el color, el tamaño de la letra... (ver Ilustración 161).

Ilustración 161.- Crear grupo



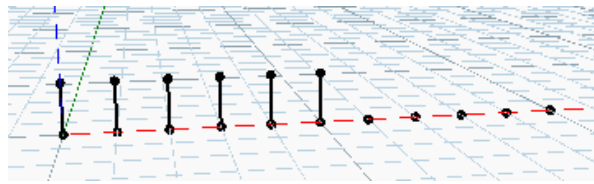
- Eliminar de grupo. Cuando queremos desagrupar un nodo concreto que está añadido a un grupo.
- Añadir a grupo. Cuando queremos unir un nodo que no se encuentra dentro del grupo.
- Encaje. Esta herramienta es muy importante cuando tenemos un nodo con varios datos de entrada. Esto es porque nos permite modificar la interacción entre las listas de ambas entradas. Tenemos los siguientes encajes, para cada cual veremos un ejemplo.
 - Automático. En este caso se nos ajusta directamente en enlace para escoger el que es más conveniente según el software.

Ilustración 162.- Enlace Auto



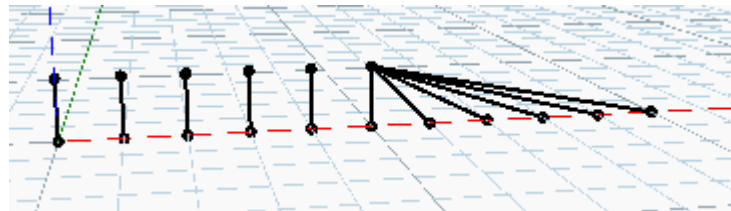
- Más corto. Se emplean de cada lista el número de elementos que tenga la lista menor. De esta forma, en la lista más extensa tendríamos elementos que no usamos.

Ilustración 163.- Enlace más corto



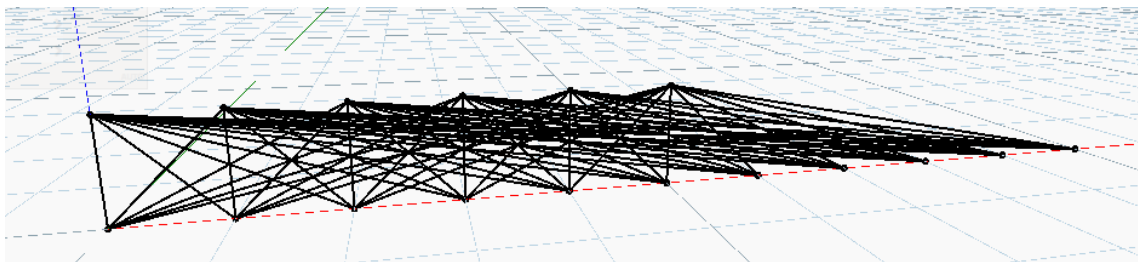
- Más largo. Empleamos todos los elementos de las listas. En este caso, el último elemento de la lista más corta interactúa con los elementos siguientes de la lista más larga.

Ilustración 164.- Enlace más largo



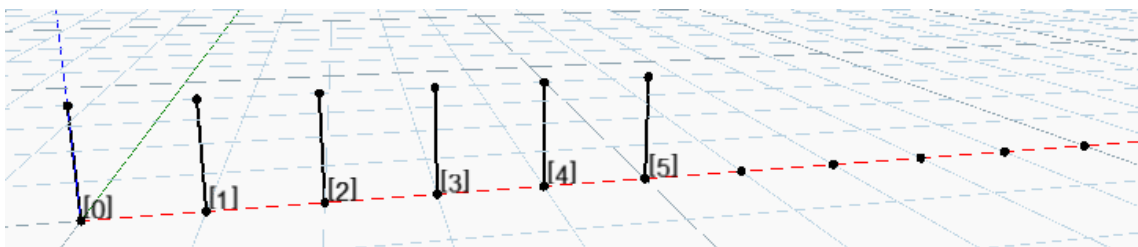
- Producto vectorial. En este caso interactúan todos los elementos entre sí.

Ilustración 165.- Enlace producto vectorial



- Bloquear. Cuando queremos que no se ejecute un nodo o un conjunto de nodos mientras estamos trabajando en una rutina.
- Vista preliminar. Con esta opción podemos elegir si queremos ver o no el resultado de este nodo en la vista preliminar 3D en segundo plano.
- Mostrar etiquetas. Si queremos mostrar el índice al que se corresponde cada elemento generado en la vista preliminar 3D.

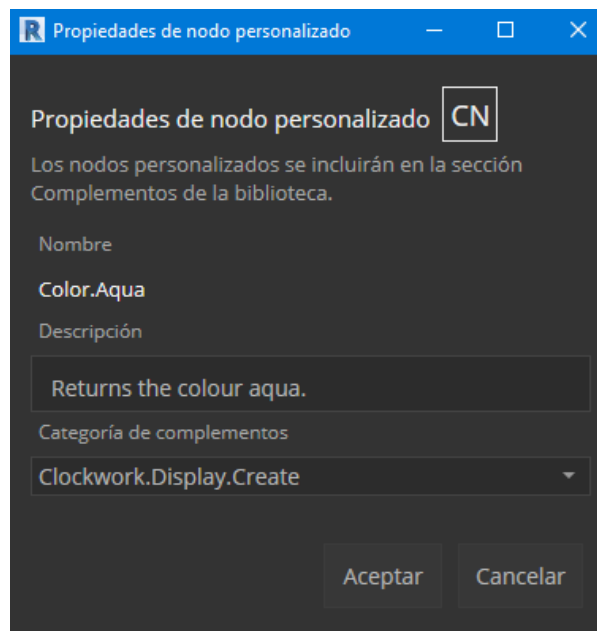
Ilustración 166.- Etiquetas



- Cambiar nombre de nodo. Podemos modificar el nombre del nodo para facilitar la comprensión del dato.
- Ayuda. Con esto accedemos a una información más detallada del nodo que estamos analizando.
- Editar nodo personalizado. Estas tres últimas opciones solamente aparecen cuando estamos antes un nodo personalizado que podemos modificar. Al seleccionar esta primera opción, se nos abre un nuevo espacio de trabajo donde tenemos los elementos internos que conforman el nodo personalizado. De esta forma podríamos modificar sus entradas o sus salidas.

- Editar propiedades de nodo personalizado. Con esto podemos modificar la descripción del nodo y la categoría donde se localiza (ver Ilustración 167).

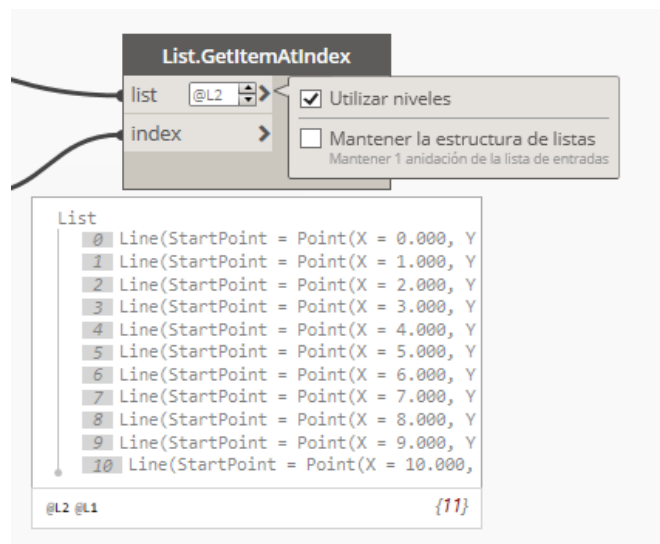
Ilustración 167.- Propiedades del nodo personalizado



- Publicar este nodo personalizado.

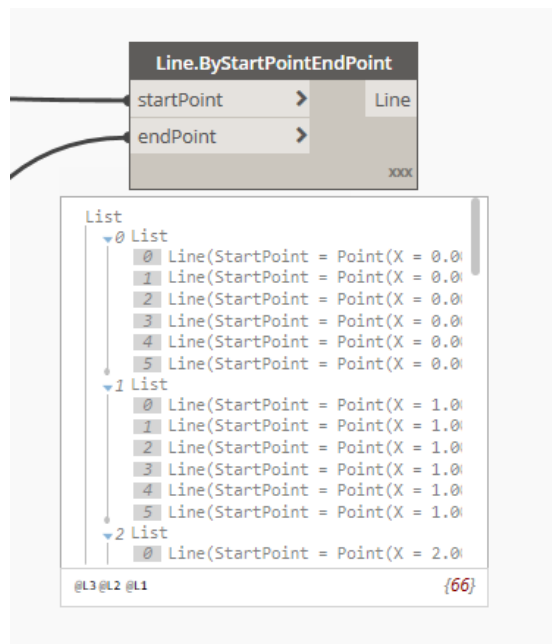
Por otra parte, un aspecto muy importante que podemos modificar en esta zona son los niveles de los datos de entrada de los nodos. Con esto podemos seleccionar el nivel con el que queremos que trabaje. Para acceder a estos niveles, tenemos una pestaña dentro del nodo al lado de cada dato de entrada. Seleccionando esta pestaña tenemos la opción de activar los niveles como vemos en la Ilustración 168. También podríamos mantener la estructura de esta lista de entrada en la lista de salida, opción que también es muy interesante en algunos casos.

Ilustración 168.- Activar niveles



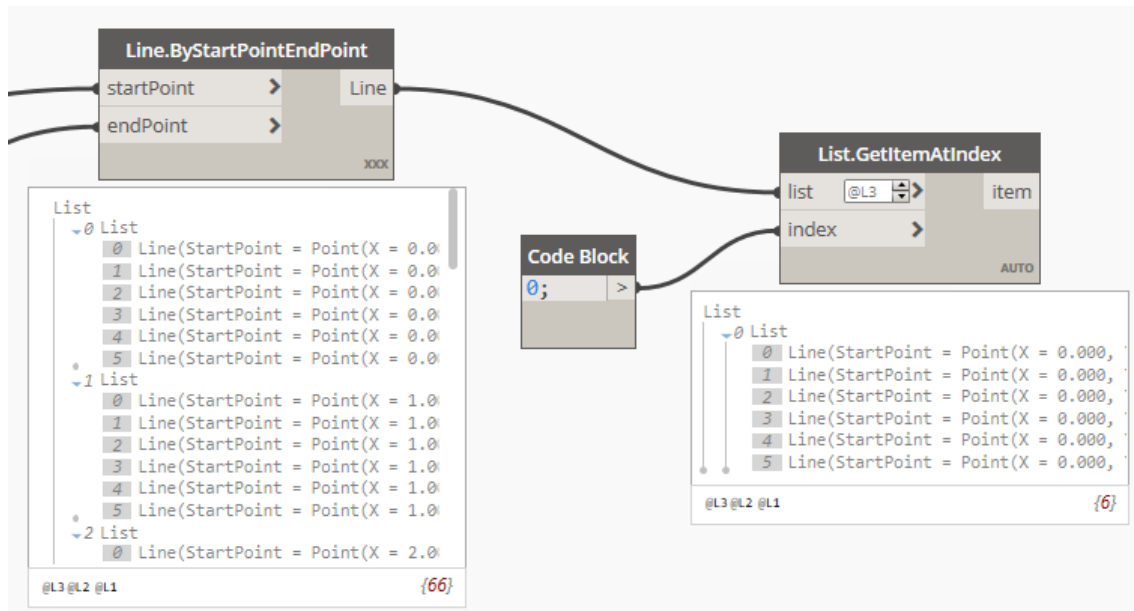
Una lista puede contener diferentes sublistas que a su vez están compuestas por diferentes elementos. En cada lista se reinician los índices, empezando siempre desde cero. En la Ilustración 169 podemos ver una lista que contiene tres niveles.

Ilustración 169.- Ejemplo: lista con tres niveles



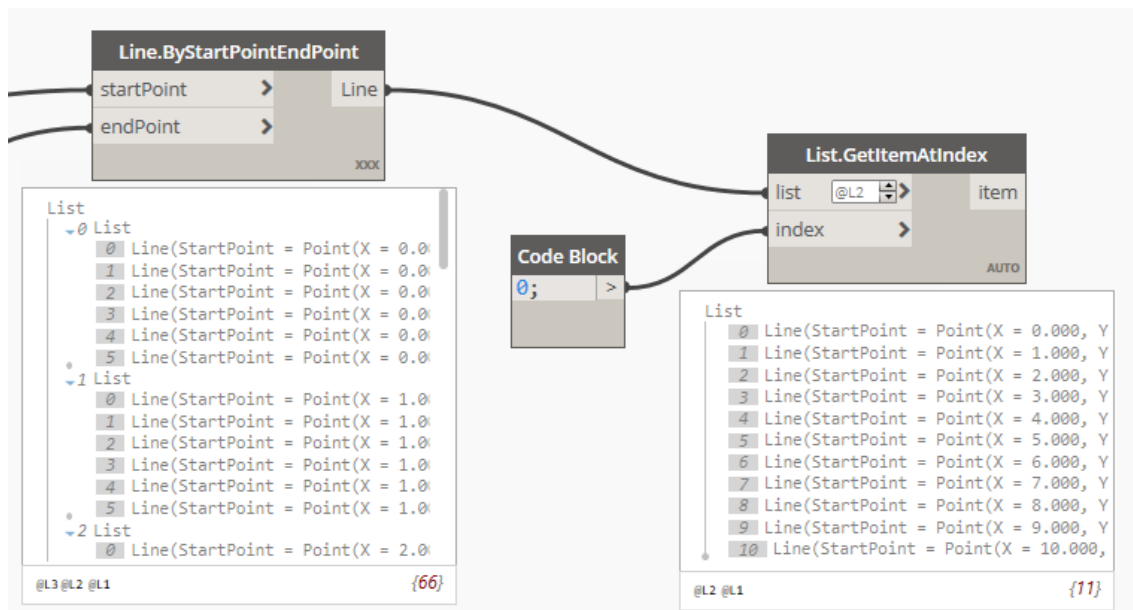
El número de niveles que contiene la lista se puede ver en la parte inferior de la Ilustración 169. Es muy importante comprender esto porque el motivo de no obtener los resultados esperados al generar una rutina en DYNAMO reside en este aspecto la mayoría de las ocasiones. Para continuar con el ejemplo, puede interesarnos a veces quedarnos con un grupo de líneas, y entonces tendríamos que trabajar con el nivel 3 (ver Ilustración 170).

Ilustración 170.- Ejemplo 1



Sin embargo, en otras ocasiones nos podría interesar quedarnos solamente con una de las líneas de cada sublista. Para ello emplearíamos el nivel 2 y nos tendríamos que fijar en el subíndice que aparece encima del nivel 1 (ver Ilustración 171).

Ilustración 171.- Ejemplo 2



Como vemos, controlar los niveles dentro de las listas de los datos de entrada es muy importante para gestionar adecuadamente la información que tenemos. En los ejemplos prácticos realizados veremos varios casos en los que se ha recurrido a estos niveles.

La zona 2 (roja) es la librería. Es la parte más importante de DYNAMO y la que nos permite acceder a los nodos. Dentro de ella podemos ver que existen diversas categorías en las cuales se originan los diferentes bloques que tenemos disponibles para poder realizar la rutina de trabajo. Aquí es además donde se irán insertando los paquetes de nodos que descarguemos (Add-ons). Como podemos ver, existe una categoría bajo el nombre de REVIT. Aquí encontraremos los nodos que nos permiten interactuar con el software REVIT. Con ellos podemos seleccionar elementos que tengamos dentro del modelo de REVIT desde el que hemos abierto DYNAMO o también podemos trabajar con los parámetros que tienen asociados los elementos del modelo. En definitiva, aquí encontramos todo el potencial que nos ofrece DYNAMO y las acciones que nos permite realizar y son compatibles con REVIT.

En la parte inferior de esta zona tenemos la ejecución de la rutina. Podemos indicar si queremos que esta reproducción sea automática, manual o periódica. Lo aconsejable cuando estamos generando la rutina es seleccionar la opción manual pues así podemos controlar cuándo queremos ver el resultado. En el caso de tener seleccionada la opción automática, constantemente se estarían ejecutando los nodos colocados dentro del espacio de trabajo y esto podría llevar a un mal funcionamiento del software.

En la zona 3 (verde) como podemos ver existen varias pestañas. Pasamos ahora a describir lo que podemos encontrar en cada una de ellas.

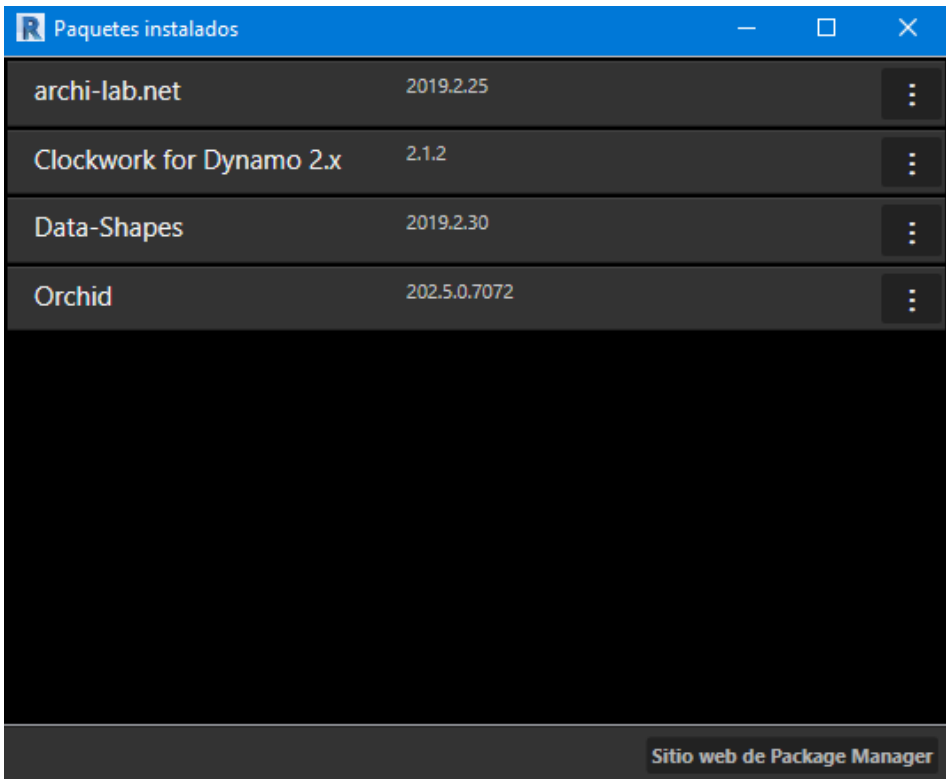
- **Archivo.** Aquí volvemos a encontrarnos con las opciones de gestión de los archivos de DYNAMO. Podemos elegir abrir un archivo nuevo (nos obliga a cerrar el archivo existente, no podemos abrir dos simultáneamente), abrir uno existente, guardar los cambios realizados, guardar el archivo... También podemos importar una biblioteca donde tengamos varias rutinas previamente generadas que podemos englobar en diferentes nodos. Por último, también tenemos la opción de exportar los espacios de trabajo como imagen y la opción de salir.
- **Editar.** Dentro de esta pestaña podemos interactuar con los nodos que hemos ido colocando en el espacio de trabajo. Podemos deshacer y rehacer la acción realizada, copiar y pegar los nodos seleccionados, suprimirlos y alinearlos. Además, podemos crear notas y grupos que nos sirvan para tener mejor organizado el espacio de trabajo. También tenemos la opción de crear un nodo personalizado. Esto consiste en que la rutina que hemos generado quede agrupada en un único nodo cuyas entradas sean las mismas que necesitaba la rutina, al igual que la salida. Por último, tenemos la opción de presentación de nodo de limpieza. Esta herramienta es muy útil ya que con ella podemos conseguir una mejor distribución de todos los nodos que tenemos en el espacio de trabajo, evitando así que sea un entorno caótico y difícil de comprender. Podríamos decir que el resultado es bastante

similar al que obtenemos con la herramienta alinear, pero en este caso se realiza automáticamente en todas las direcciones.

- **Ver.** En este apartado modificamos la visualización de los objetos que se encuentran en los espacios de trabajo, además de indicar si queremos ver el espacio de trabajo donde tenemos la visualización preliminar 3D o no. Empezamos primero con las opciones de acercar o alejar, y las de encuadrar en una dirección. Por otra parte, tenemos la opción de mostrar la consola del software en la que podemos ver las órdenes que hemos esta ejecutando desde que hemos ejecutado DYNAMO. Podemos indicar si queremos mostrar los conectores, que son las líneas que unen la salida de un nodo con la entrada del siguiente siguiendo el flujo de trabajo que nos impone la programación visual. Además, existe la posibilidad de modificar la forma de estos conectores, pudiendo ser curvas o polilíneas según el gusto del usuario. La diferencia entre una y otra es que en las curvas no tenemos vértices entre dos líneas formando un ángulo recto mientras que con las polilíneas sí. Por último, tenemos las opciones que nos permiten interactuar con el espacio de trabajo de la vista preliminar siempre y cuando tengamos este espacio activa. Existe la opción de desactivarlo, pero en ese caso no podríamos modificar nada dentro de él. Teniéndolo activado podemos intercambiarlo con el espacio de trabajo donde estamos colocando los nodos para navegar por uno u otro. Por otra parte, podemos activar una vista preliminar en el modelo de REVIT que nos sería útil en el caso de que estemos generando geometría como pueden ser líneas, superficies o sólidos.
- **Paquetes.** Esta pestaña incluye una de las opciones más importantes que necesitamos conocer si queremos empezar a trabajar con DYNAMO. Nos referimos a la posibilidad de poder descargarnos paquetes de nodos previamente generados por usuarios de DYNAMO. Cuando nos descargamos un paquete estamos realizando una operación similar a importar una librería. Si accedemos a **Buscar un paquete...**, estamos entrando en una base de datos donde se encuentran todos los paquetes abiertos que han aportados usuarios de DYNAMO. Gracias a ello, podemos ahorrarnos el proceso de generar pequeñas rutinas que hagan acciones concretas pues en muchos casos podemos encontrarlas en algunos paquetes. Un claro ejemplo de la gran utilidad de los nodos disponibles en estos paquetes podemos verla en los casos prácticos realizados en este trabajo. Los paquetes que hemos empleado para la creación de las rutinas han sido los siguientes:
 - Paquete archi-lab.net. Versión 2019.2.25, [50]
 - Paquete Clockwork for DYNAMO 2.x. Versión 2.1.2, [51]
 - Paquete Data-Shapes. Versión 2019.2.30, [59]
 - Paquete Orchid. Versión 202.5.0.7072, [54]

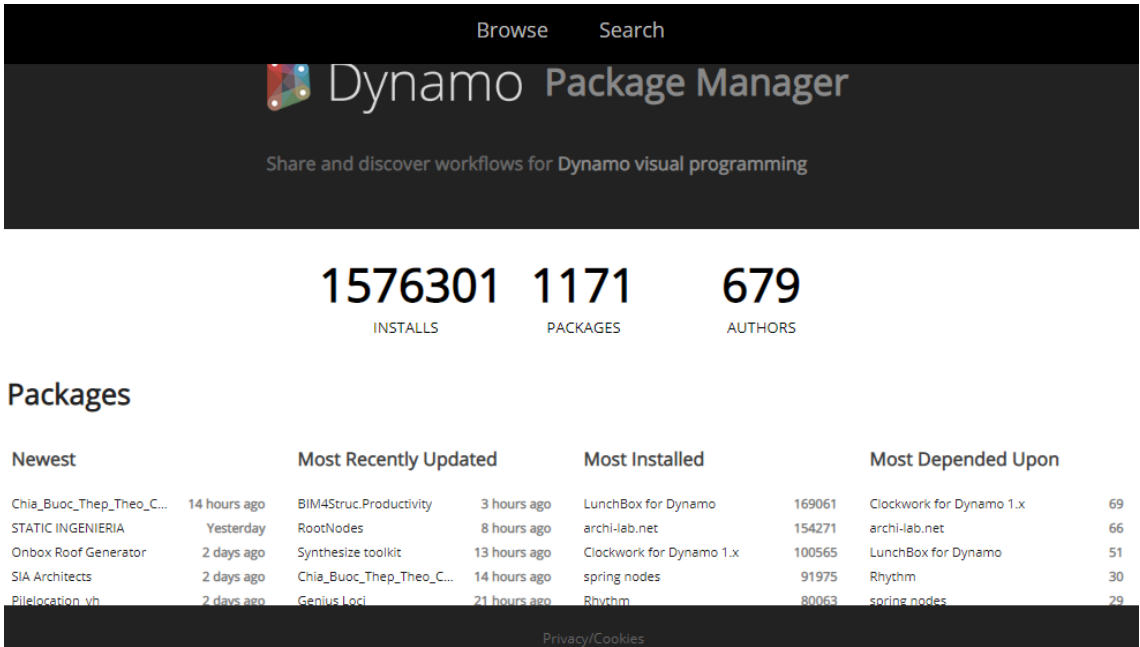
Por otra parte, para ver los paquetes que tenemos descargados y poder eliminarlos en el caso de que no nos interesen, existe la opción de **Gestionar paquetes...** Accediendo a este apartado tenemos todos los que hemos instalado (ver Ilustración 172).

Ilustración 172.- Paquetes instalados



Además, en la parte inferior derecha tenemos un acceso directo al sitio web donde también podemos descargar los paquetes (ver Ilustración 173). Es conveniente tener instalados los que tienen mayor número de descargas ya que pueden servir de gran ayuda.

Ilustración 173.- DYNAMO packages, [60]



Por otra parte, en este apartado también podemos publicar nuestro paquete de nodos propios. De esta forma, podemos generar un grupo de nodos que nos permitan realizar una tarea concreta y, con el objetivo de tenerlo localizable lo publicamos para que nos aparezca en la librería de DYNAMO. La publicación local es conveniente en el caso de que queramos tenerlo en nuestro puesto de trabajo únicamente. Sin embargo, también podemos hacer una publicación en línea y así estaría disponible para cualquier usuario que quiera descargar este paquete en línea. En el caso de que estemos trabajando con nodos propios de la empresa, sería apropiado realizar una publicación local. Cuando queramos compartir estos nodos con el resto de los usuarios para colaborar con la comunidad de trabajo, entonces sí debemos realizar una publicación en línea.

A continuación, vemos en la Ilustración 174 cuáles serían los apartados que tenemos que rellenar. Principalmente es información sobre el paquete para facilitar la comprensión de las tareas que el paquete nos ayuda a ejecutar. Tenemos el nombre del paquete, una descripción del mismo, la versión que estamos publicando (es útil para tener una mejor organización), la dirección del sitio que lo publica... Es importante destacar que los nodos que introducimos en el paquete que vamos a crear deben tener una extensión .dyf. Este es el formato de los nodos personalizados que generamos con DYNAMO.

Ilustración 174.- Publicar un paquete en DYNAMO

Publicar un paquete de Dynamo

Publicar un paquete

Nombre

Prueba

Descripción

Prueba para publicar paquete

Versión (compilación menor principal)

2 0 2

Grupo (opcional)

Palabras clave (opcional)

Más

Publicar localmente Publicar en línea

Listo

Contenido de paquete Añadir archivo...

Archivo_Importar parámetros_EJ

Dependencias

Ninguno

Si lo publicamos en línea y accedemos al sitio web de Package Manager, veremos que nuestro paquete aparece en el apartado de los más nuevos (ver Ilustración 175).

Ilustración 175.- Publicación en línea

Packages

Newest	Most Recently Updated	Most Installed	Most Depended Upon
<div>Prueba1 minute ago</div> <div>AbutmentWingwall.Lengt...Yesterday</div> <div>SuhovichMEP_001Yesterday</div> <div>Capturefinery3 days ago</div> <div>Chia, Buoc, Thiep, Theo, C...5 days ago</div> <div>STATIC INGENIERIA5 days ago</div> <div>Onbox Roof Generator6 days ago</div> <div>SIA Architects1 weeks ago</div>	<div>Prueba1 minute ago</div> <div>Dyn-BIMHEX2 hours ago</div> <div>Genius Loci17 hours ago</div> <div>bimorphNodesYesterday</div> <div>AbutmentWingwall.Lengt...Yesterday</div> <div>SuhovichMEP_001Yesterday</div> <div>Igor Ramos3 days ago</div> <div>CC Miller3 days ago</div>	<div>LunchBox for Dynamo</div> <div>archi-lab.net</div> <div>Clockwork for Dynamo 1.x</div> <div>spring nodes</div> <div>Rhythm</div> <div>SteamNodes</div> <div>bimorphNodes</div> <div>Rhynamo</div>	<div>169696</div> <div>155180</div> <div>100910</div> <div>92466</div> <div>80479</div> <div>59166</div> <div>35593</div> <div>35156</div> <div>Clockwork for Dynamo 1.x</div> <div>archi-lab.net</div> <div>LunchBox for Dynamo</div> <div>Rhythm</div> <div>spring nodes</div> <div>SteamNodes</div> <div>Quads from Rectangular ...</div> <div>Evaluate Sun Directness ...</div> <div>73</div> <div>70</div> <div>51</div> <div>31</div> <div>29</div> <div>29</div> <div>22</div> <div>13</div>

Authors

Most Voted For	Most Recently Active	Most Prolific	Most Installed
<div>elayoubi.mostafa66</div> <div>Karambaki35</div>	<div>ManuelBenavente1 minute ago</div> <div>lei. ... ongroup.comYesterday</div>	<div>andydandy</div> <div>monika.prabhu</div>	<div>141</div> <div>42</div> <div>andydandy</div> <div>archinate</div> <div>292312</div> <div>215907</div>

También nos permite la opción de publicar los nodos que hemos seleccionado y el espacio de trabajo actual.

- **Configuración.** En este apartado nos encontramos también con funciones muy interesantes que conviene conocer al trabajar con DYNAMO. Principalmente nos permite modificar ciertos apartados de la configuración interna del programa para así poder adaptarlo a nuestro caso.

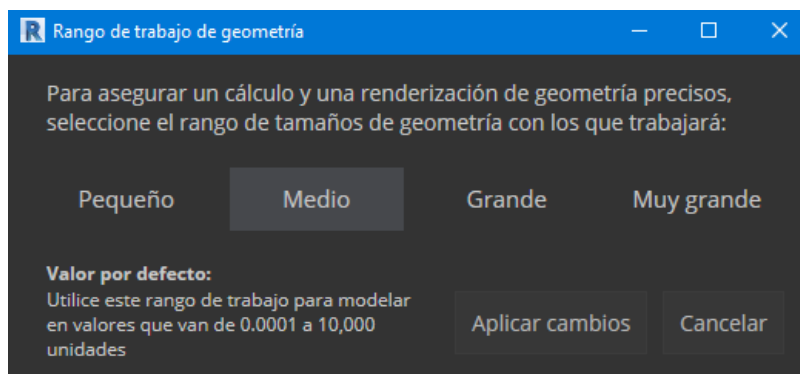
En primer lugar, comenzamos con la opción del formato del número. Con esto podemos modificar la cantidad de decimales que queremos que tenga un número que introducimos a través del nodo Number. En el caso de que tengamos como formato de número la opción 0.000, el resultado al usar el nodo Number sería 5.000, por ejemplo. Según con los decimales que estemos trabajando puede interesarnos aumentar o disminuir la cantidad de cifras. Disponemos de formato 0 a formato 0.0000.

También podemos modificar la precisión de la renderización. Esto debemos concretarlo en base a la calidad con la que queremos ver representadas los objetos y la precisión con la que queremos definirlos. A mayor precisión de renderización más difícil será generar los objetos que estamos modelando.

Después nos encontramos con la escala de la geometría. Este aspecto es de gran importancia tenerlo en cuenta durante el desarrollo de nuestra rutina pues puede afectar al resultado. Con el podemos establecer el rango de decimales con el que vamos a trabajar. La explicación que podemos encontrar a esto es que, según el cuadro de diálogo que aparece en el programa (ver Ilustración 176), nos asegura un cálculo adecuado y un buen renderizado. Aquí influyen mucho las unidades que estemos considerando en el trabajo. En DYNAMO no trabajamos con unidades, solo con los números. De esta forma, es trabajo del usuario adaptar el programa que esté realizando a las unidades en las que quiere trabajar. Sin embargo, en REVIT sí trabajamos con unidades. Por tanto, al estar enlazando DYNAMO con REVIT, los números que estemos introduciendo en DYNAMO tendrán realmente las unidades del proyecto de REVIT a partir del cual hemos abierto DYNAMO. Además de esto, también es importante tener en cuenta el rango de trabajo de la geometría. Existen cuatro tipos diferentes:

- Pequeño. Modelar en valores de 0.000,001 a 100 unidades.
- Medio. Modelar en valores de 0.0001 a 10,000 unidades.
- Grande. Modelar en valores de 0.01 a 1,000,000 unidades.
- Muy grande. Modelar en valores de 1 a 100,000,000 unidades.

Ilustración 176.- Rango de trabajo de geometría



Generalmente, podemos trabajar con cualquier modelo sin problema habiendo seleccionado el rango medio o el grande. Sin embargo, si las unidades de proyecto de REVIT son milímetros y con DYNAMO estamos modelando un objeto en metros, en ese caso si puede ser conveniente trabajar con un rango grande o muy grande.

Dentro de este apartado de configuración también podemos aislar la geometría que tengamos seleccionada y administrar las rutas de los nodos y paquetes. Con esto podemos añadir otra ruta donde tengamos los paquetes que queramos utilizar. Sería algo similar a las referencias externas en AutoCAD Civil 3D. Esto es muy útil cuando estamos trabajando en una empresa dentro de un servidor común. Tendríamos una carpeta donde se encuentran agrupados todos los nodos y paquetes generados para que, añadiendo su ruta, cualquier usuario de la empresa pueda acceder a ellos. De esta forma, todos los nodos y paquetes que se encuentren en las rutas añadidas podremos verlos en nuestra librería de DYNAMO.

- **Ayuda.** Por último, nos encontramos con la ayuda del programa. Esta es una pestaña imprescindible para poder desarrollar nuestro conocimiento dentro del software que estamos tratando. En ella accedemos a la guía inicial que nos aparece al arrancar el programa por primera vez, a ejemplos previamente realizados y podemos informar de un error. Además, tenemos un enlace al sitio web de DYNAMO en GitHub con información acerca del software y de su lenguaje de programación (nos referimos a la API), [61]. También tenemos un enlace a la wiki, donde hay información sobre la API de DYNAMO, [62]. Los dos últimos apartados son, respectivamente, para volver a la página de inicio y para ver la versión de DYNAMO con la que estamos trabajando, datos de la licencia y acceder al sitio web de DYNAMO, [63].

Cabe destacar que en este apartado tenemos un acceso al diccionario de DYNAMO, [64]. Aquí podemos ver la definición de cada nodo que tenemos en la librería de DYNAMO por defecto. Además, vemos también las entradas que necesita el nodo y las salidas que nos da. En algunos casos, incluso llegamos a tener algún archivo de ejemplo donde se emplea dicho nodo. Por lo tanto, es importante acceder y conocer este sitio web y la cantidad de información tan útil que nos ofrece.

PYTHON

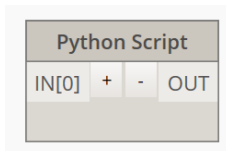
Python es un lenguaje de programación al cual podemos acceder mediante DYNAMO. Las utilidades que podemos realizar con este código son numerosas y muy interesantes. En la mayoría de los casos, a poco que intentemos mejorar una rutina o realizar alguna acción compleja debería acudir a este lenguaje de programación para generar la solución. Según [65], es un lenguaje fácil de leer y rápido de escribir, no es excesivamente complejo... y el aspecto más importante que tenemos que destacar en este trabajo es que podemos emplearlo para generar nodos personalizados en DYNAMO. Además, disponemos de una gran cantidad de material disponible para poder empezar a aprenderlo, lo cual también es un aspecto positivo.

DYNAMO emplea un lenguaje de programación visual, en el que tenemos predefinidos unos nodos que emplearemos a la hora de realizar nuestras secuencias de comandos. Estos nodos, al estar predefinidos no podemos modificarlos y por tanto esto desemboca en una reducción de la potencialidad de este software.

Sin embargo, en DYNAMO también podemos generar nuestros propios nodos. Antes hemos visto que es

posible publicar nodos personalizados que funcionen de la misma forma que lo hace un nodo propio de DYNAMO. Además, tenemos también un nodo que nos permite acceder al lenguaje de programación de Python. Este nodo se denomina Python Script y en la versión 2.0.2 de DYNAMO podemos acceder a él desde la librería, entrando en Script y luego en Editor. Este nodo aparece como lo vemos en la Ilustración 177.

Ilustración 177.- Python Script



El nodo Python Script posee una o varias entradas (IN) y una salida (OUT). Para acceder a la programación interna de este nodo, debemos hacer clic derecho sobre él y entrar en Editar, o también podemos hacer doble clic sobre él. Una vez realizado este paso, pasamos a la consola de programación en el lenguaje de Python. Esta consola es la que tenemos en la Ilustración 178.

Ilustración 178.- Consola de Python

```
1 # Activar la compatibilidad con Python y cargar biblioteca de DesignScript
2 import clr
3 clr.AddReference('ProtoGeometry')
4 from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
5
6 # Las entradas de este nodo se almacenan como lista en las variables IN.
7 dataEnteringNode = IN
8
9 # Incluya el código debajo de esta línea
10
11 # Asigne la salida a la variable OUT.
12 OUT = 0
```

Existen numerosas fuentes de información acerca de este lenguaje de programación. Sin embargo, estamos usando estos nodos para generar rutinas que luego emplearemos en proyectos de REVIT y, por lo tanto, necesitaremos conocer los comandos que nos enlazan este programa con elementos y acciones propias de REVIT. Para ello, tenemos que acceder a la API de REVIT desde la cual podemos ver cuáles son los comandos que estamos buscando y el resultado que obtenemos con cada uno de ellos. Esta información la tenemos en la página web de REVIT API Docs, [66]. Aquí podemos buscar todos los comandos y datos necesarios de los que disponemos en la API del software REVIT.

Como vemos, además de la importancia de conocer este lenguaje de programación para poder emplear este nodo, también tenemos que conocer cuáles son las funciones que enlazan la información que estamos gestionando con el proyecto en el que estamos trabajando en REVIT. Habiendo realizado varias aplicaciones con los nodos que tenemos predefinidos en DYNAMO, nos damos cuenta de que es necesario saber usar esta herramienta de programación. Por ejemplo, cuando queremos hacer bucles ya se nos hace imposible hacerlo sin acudir a este nodo de Python. Por ello se ha decidido analizarlo y dar a conocer la amplitud de utilidades que nos permite realizar.

Por otra parte, un aspecto muy importante que tenemos que señalar es que, aunque nos permita realizar tantas acciones tenemos un límite. Este límite es el mismo que tiene REVIT, pues al ser un software que estamos utilizando a partir de REVIT no podemos realizar más tareas de las que hace este programa. Por lo tanto, cualquier acción que hayamos programado también podremos completarla desde REVIT, aunque en este caso

perdamos la agilidad y rapidez que nos ofrece la programación.

REPRODUCTOR DE DYNAMO

El reproductor de DYNAMO es una herramienta muy importante que nos ofrece REVIT para poder trabajar con rutinas sin necesidad de ejecutar el software DYNAMO. Esta herramienta permite que cualquier usuario, incluso sin haber usado DYNAMO previamente, pueda aprovechar el gran potencial que posee este software.

Esta herramienta nos permite, según [67], realizar lo siguiente:

- Establecer el directorio por defecto de secuencias de comandos.
- Filtrar secuencias de comandos visibles.
- Ver el estado de secuencias de comandos actuales.
- Iniciar una secuencia de comandos.
- Proporcionar entrada para secuencias de comandos en el Reproductor de DYNAMO.
- Editar una secuencia de comandos en DYNAMO.

Para localizarlo, tenemos que ir a la ficha Gestionar y lo encontraremos en el grupo Programación visual (ver Ilustración 179).

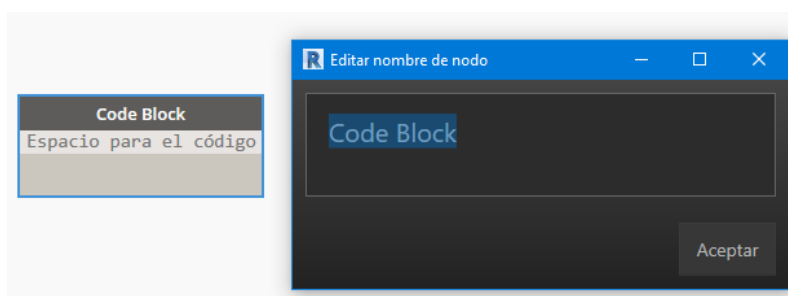
Ilustración 179.- Reproductor de DYNAMO



Aunque como hemos mencionado anteriormente DYNAMO nos permite realizar una gran multitud de tareas y facilitarnos el trabajo, también tenemos que considerar el hándicap de que es una herramienta de programación. Con esto nos referimos a que debemos tener en cuenta que no todos los usuarios que podrían usar estas rutinas estarían dispuestos a emplear un gran periodo de tiempo en aprender el funcionamiento de este software para poder gestionarlo desde dentro.

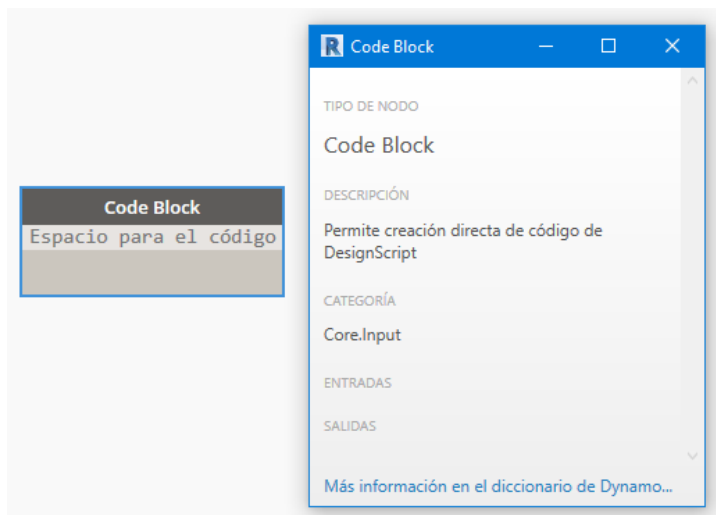
Con el reproductor de DYNAMO se nos presenta una posible solución a este problema ya que sin tener ningún conocimiento acerca de DYNAMO podemos emplear las rutinas que hemos generado con este programa. Esto se basa en eliminar todos los nodos intermedios que tenemos en la rutina para quedarnos únicamente con los datos de entrada para la misma. Por lo tanto, vemos aquí la importancia de definir adecuadamente cuáles son los inputs que vamos a necesitar para que estén claramente definidos. Este aspecto podemos conseguirlo si modificamos el nombre de los nodos que tenemos como datos de entrada. Para ello tenemos que hacer doble click sobre el nombre del nodo una vez que este colocado en el espacio de trabajo de DYNAMO y después podremos modificarlo (ver Ilustración 180).

Ilustración 180.- Cambiar nombre del nodo



Sin embargo, con esto perdemos información acerca del nodo cuando estamos realizando la rutina porque dejamos de ver el tipo de nodo que es. Para volver a verlo, hacemos click derecho sobre el nodo y seleccionamos **Ayuda...** Nos aparecerá luego una ventana donde tendremos toda la información del nodo (ver Ilustración 181).

Ilustración 181.- Información del nodo



Una vez realizadas las modificaciones convenientes en la rutina para facilitar la comprensión de los datos de entrada, pasamos a analizar el reproductor de DYNAMO. Cuando ejecutamos esta herramienta, nos aparece una ventana emergente que tiene asignada la ruta de una carpeta y nos muestra los archivos contenidos en ella (ver Ilustración 182). Es importante señalar que solo nos aparecerán los archivos generados a partir de DYNAMO.

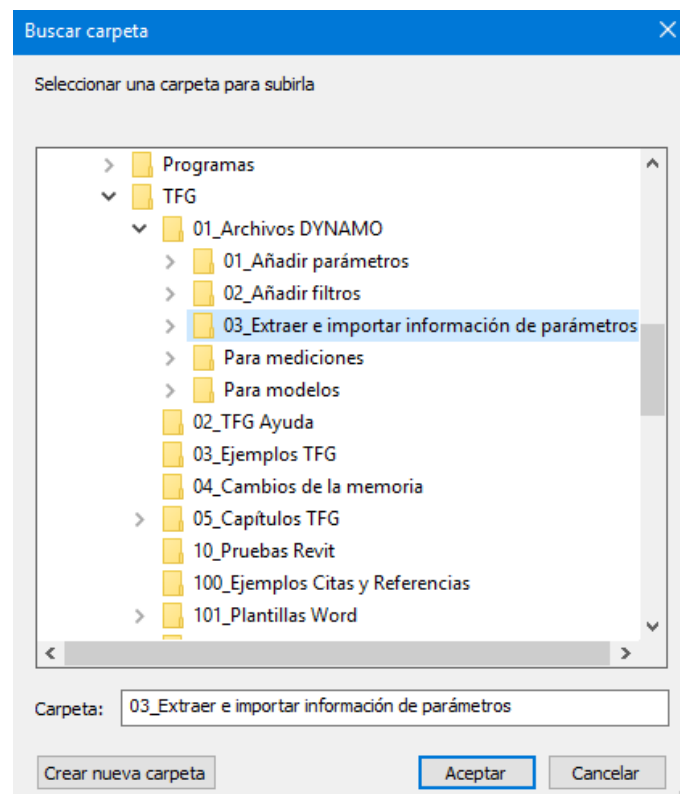
Ilustración 182.- Ventana del Reproductor de DYNAMO



Como vemos en la parte superior de la Ilustración 182, tenemos de izquierda a derecha las siguientes opciones:

- Cambiar la ruta. Con la primera se nos abre una ventana donde podemos seleccionar la carpeta donde están recogidas las rutinas que queremos emplear. Como vemos en la Ilustración 183, podemos seleccionar cualquier carpeta que tengamos dentro de nuestro equipo.

Ilustración 183.- Seleccionar carpeta

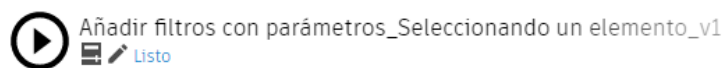


- Abrir carpeta actual. Con la segunda opción abrimos directamente la ruta de trabajo que está seleccionada actualmente. De esta forma podemos ver además de los archivos de DYNAMO, cualquier archivo de otro formato diferente.
- Resfreshcar. Actualizamos el directorio actual para poder ver cualquier modificación que se ha realizado mientras teníamos la carpeta abierta en el reproductor de DYNAMO.
- Ayuda. Haciendo clic en este apartado accedemos a la ayuda de REVIT acerca del Reproductor de DYNAMO, [67].

Además, en el caso de que dentro del directorio seleccionado tengamos muchos archivos, podemos realizar una búsqueda según el nombre de la rutina en la que estamos interesados.

A continuación, pasamos a explicar uno de los aspectos más importantes de este reproductor. Nos referimos a la introducción de los datos de entrada en las rutinas sin necesidad de ejecutar DYNAMO. Para ello, nos fijaremos concretamente en un archivo de los que vemos en el reproductor (ver Ilustración 184).

Ilustración 184.- Rutina dentro del reproductor



Como vemos, tenemos cinco partes que definen este archivo dentro del reproductor de DYNAMO.

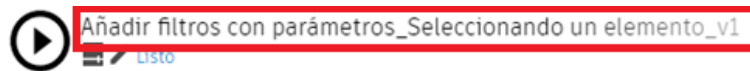
- Play. Cuando tengamos listos los datos de entrada, para ejecutar la rutina dentro de nuestro proyecto de REVIT tendremos que seleccionar este botón (ver Ilustración 185).

Ilustración 185.- Play



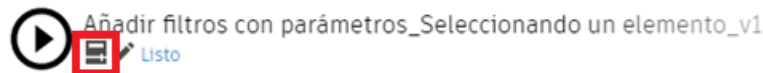
- Nombre de la rutina. Aquí aparece el nombre que le hayamos asignado a la rutina. Es muy importante para poder localizarlo rápidamente y además es lo que la distingue de otras cuando estamos buscando con un filtro (ver Ilustración 186).

Ilustración 186.- Nombre de la rutina



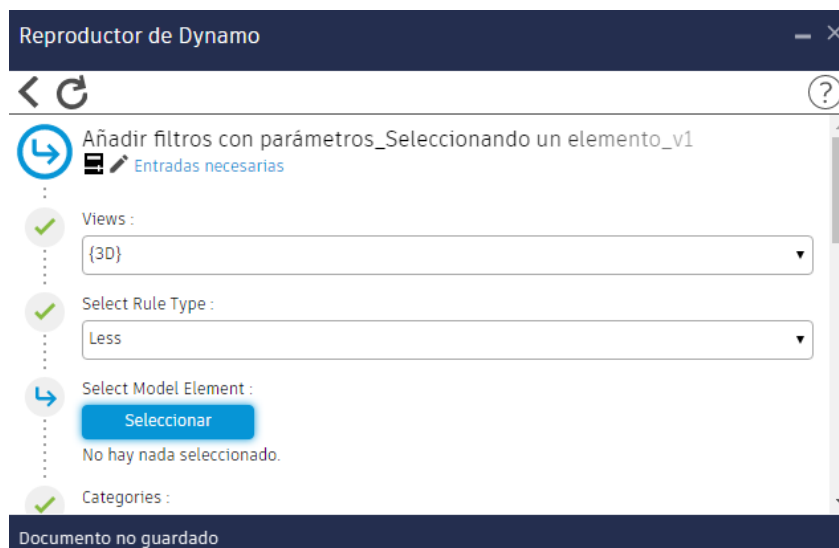
- Editar datos de entrada. Aquí pasamos a ver cuáles son los datos de entrada que posee la rutina y podemos modificarlos.

Ilustración 187.- Editar datos de entrada



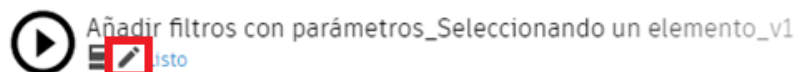
Cuando seleccionamos esta opción, se modifica la ventana y nos aparecen únicamente las entradas de dicho nodo como vemos en la Ilustración 188. Aquí aparecerán todos los nodos cuyos datos necesitamos como inputs. Como dijimos antes, es de gran importancia escoger adecuadamente el nombre de cada nodo.

Ilustración 188.- Editar datos de entrada



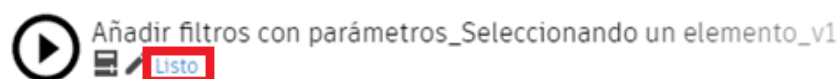
- Editar en DYNAMO. Con esta opción entraríamos en DYNAMO donde tendríamos disponible toda la rutina al completo y, por lo tanto, podríamos modificarla consecuentemente.

Ilustración 189.- Editar en DYNAMO



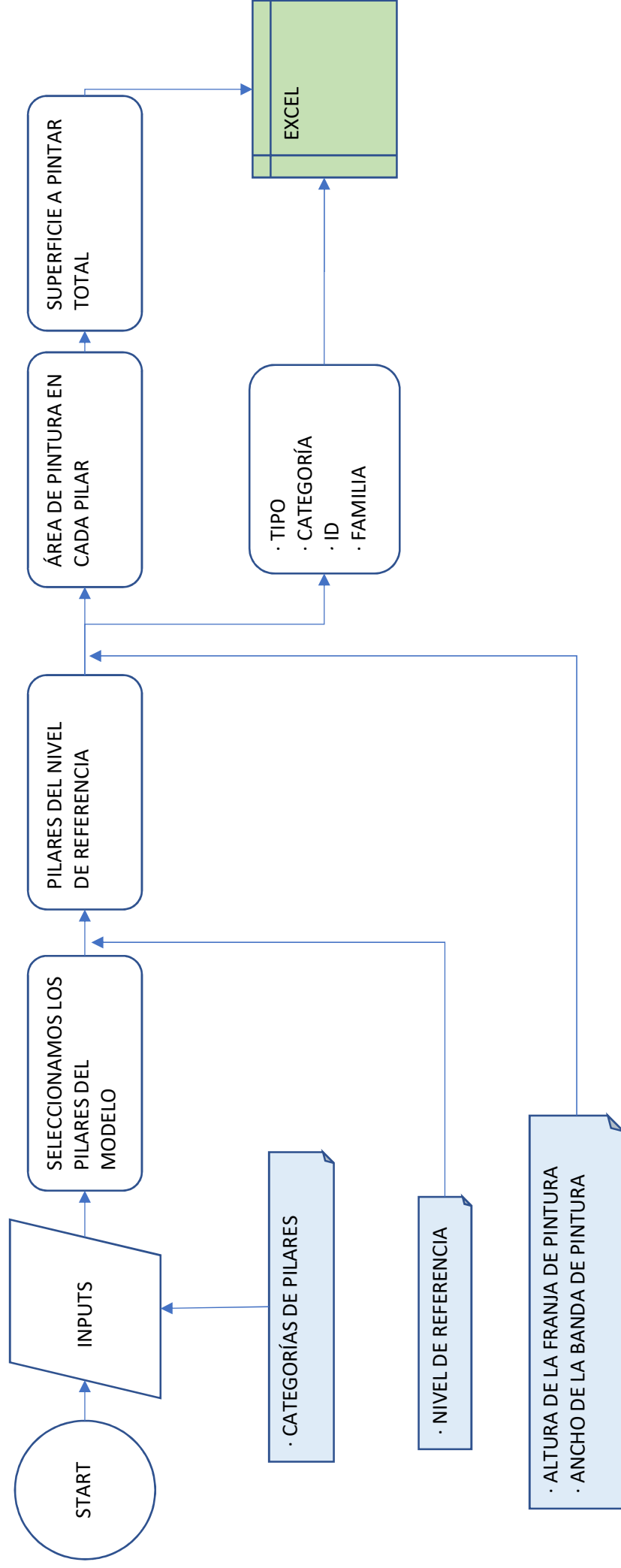
- Estado de la secuencia de comandos. Con esto vemos cómo se encuentra la rutina. Podemos estar en esta de ejecución, nos puede decir que necesitamos dar entradas y también podemos ver si se han producidos errores internos en la rutina o no. De esta forma nos facilita saber si realmente se están ejecutando los comandos o no.

Ilustración 190.- Estado de la secuencia de comandos

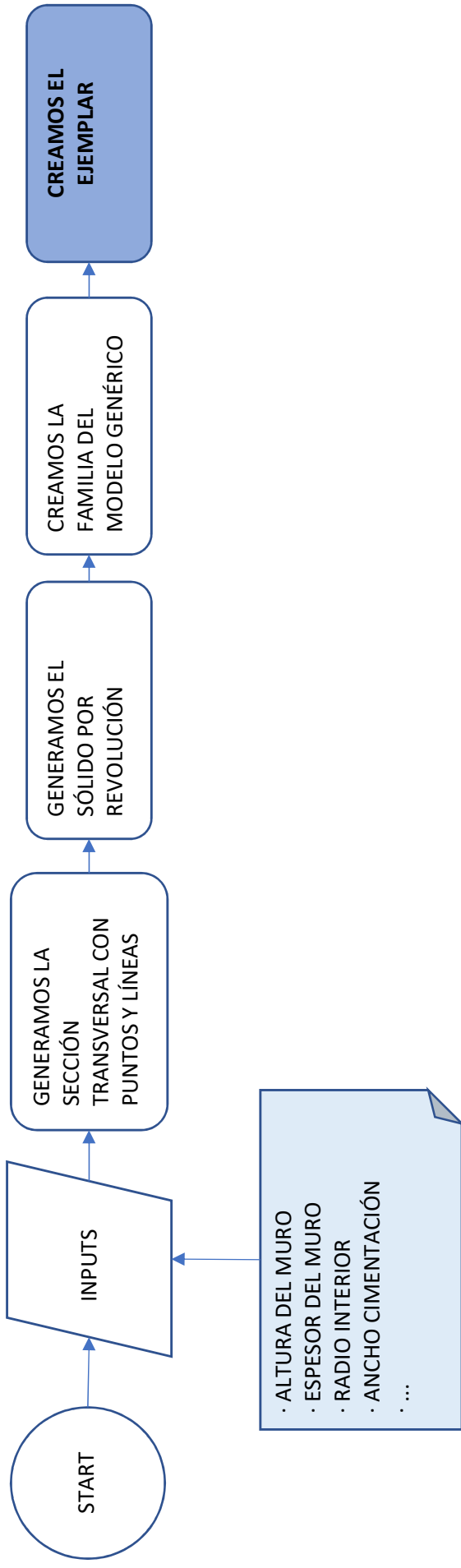


Tras analizar esta herramienta vemos la gran importancia que tiene saber emplearla en un proyecto de REVIT y la sencillez con la que funciona. Por tanto, tenemos aquí un eslabón que sirve de enlace entre DYNAMO y REVIT para aquellos usuarios que no quieran adentrarse en el mundo de DYNAMO o simplemente en los casos donde tenemos bien definida la rutina y no necesitamos abrirla.

ANEJO 2.- DIAGRAMAS DE FLUJO

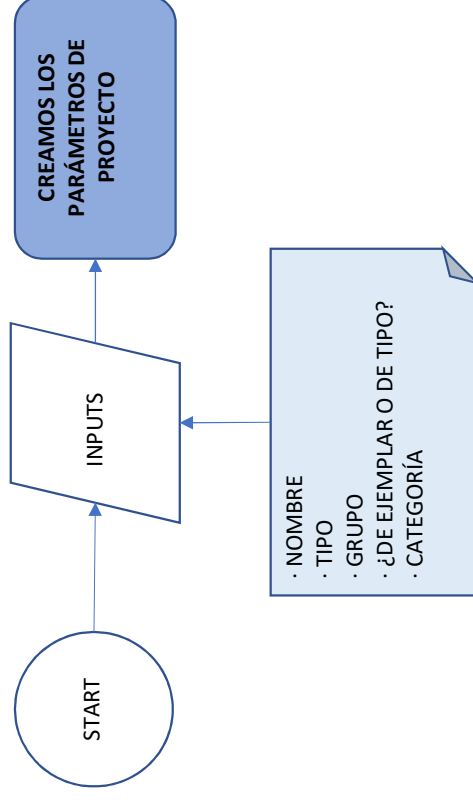
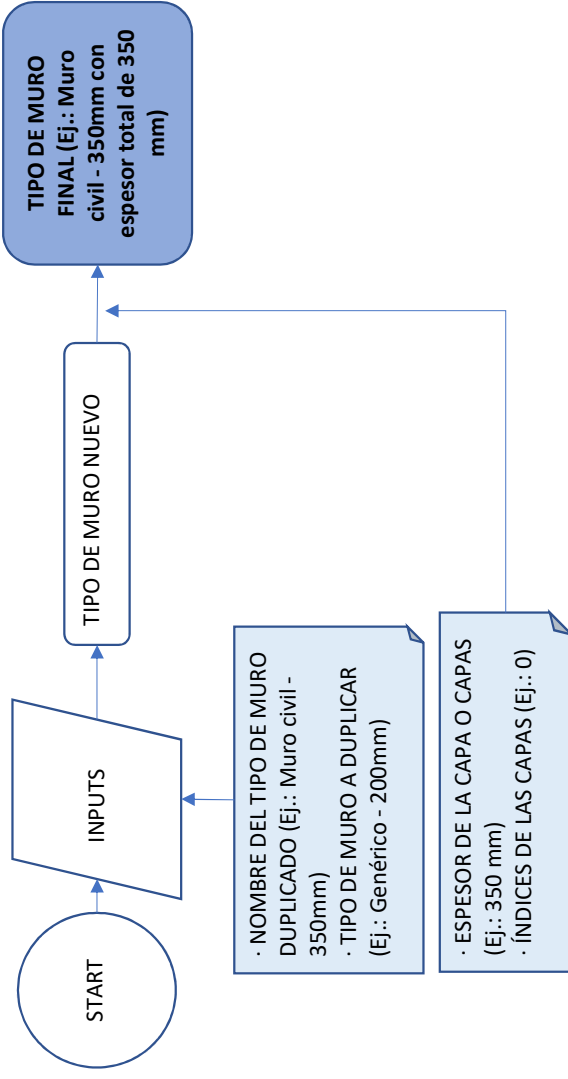


AUTOR	TÍTULO	TFG
MANUEL M ^º BENAVENTE LEPE	MEDIR ÁREA EN PILARES	DISEÑO DE MODELOS BIM PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES CON DYNAMO

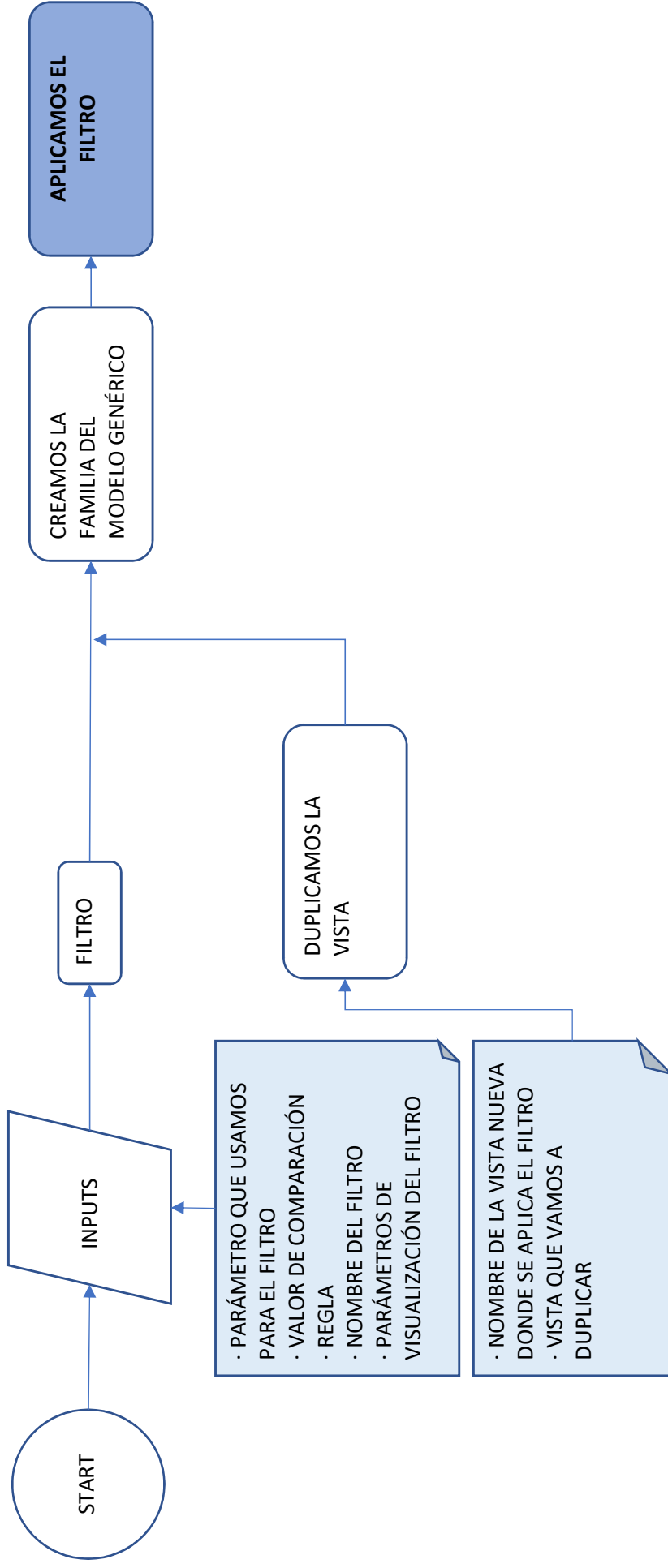


AUTOR	TÍTULO		TFG
MANUEL M ^a BENAVENTE LEPE	GENERAR VASO DE UN DECANTADOR	DISEÑO DE MODELOS BIM PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES CON DYNAMO	



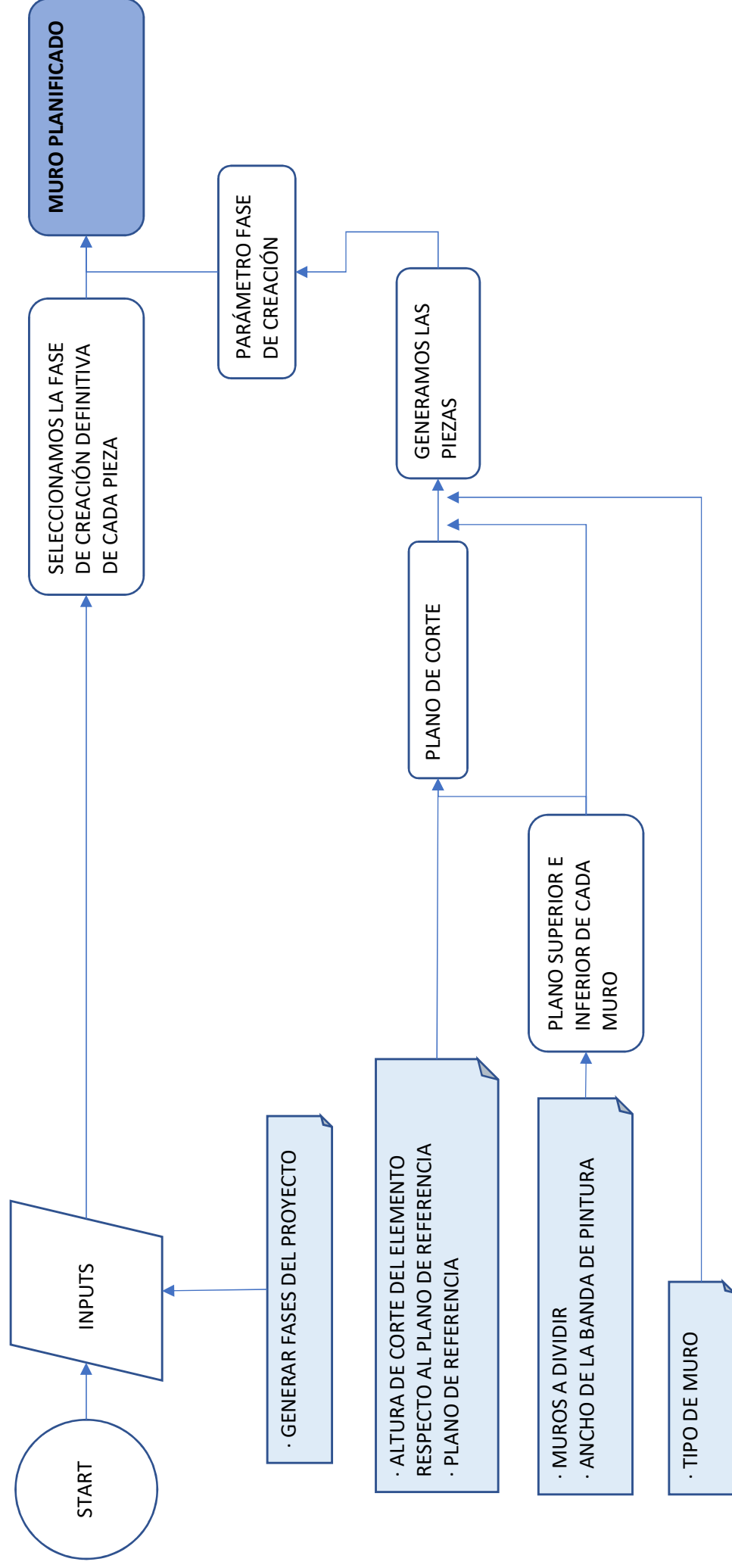


AUTOR	TÍTULO 1	TÍTULO 2	TFG
MANUEL M ^º BENAVENTE LEPE	DUPLICAR MURO Y CAMBIAR ESPESOR	AÑADIR PARÁMETROS	DISEÑO DE MODELOS BIM PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES CON DYNAMO

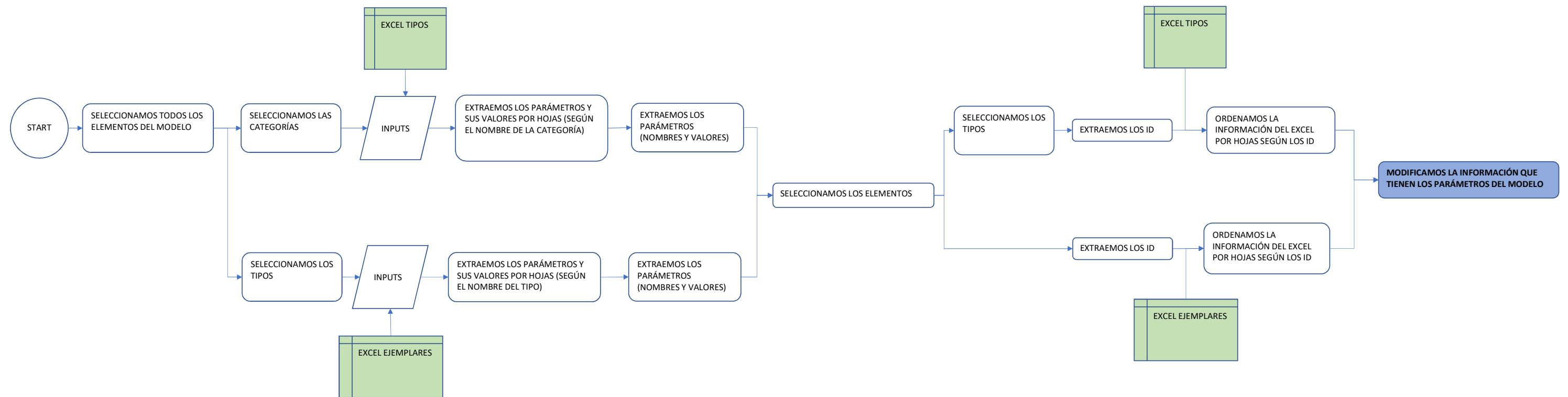


AUTOR	TÍTULO	TFG
MANUEL M ^º BENAVENTE LEPE	CREAR FILTRO	DISEÑO DE MODELOS BIM PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES CON DYNAMO

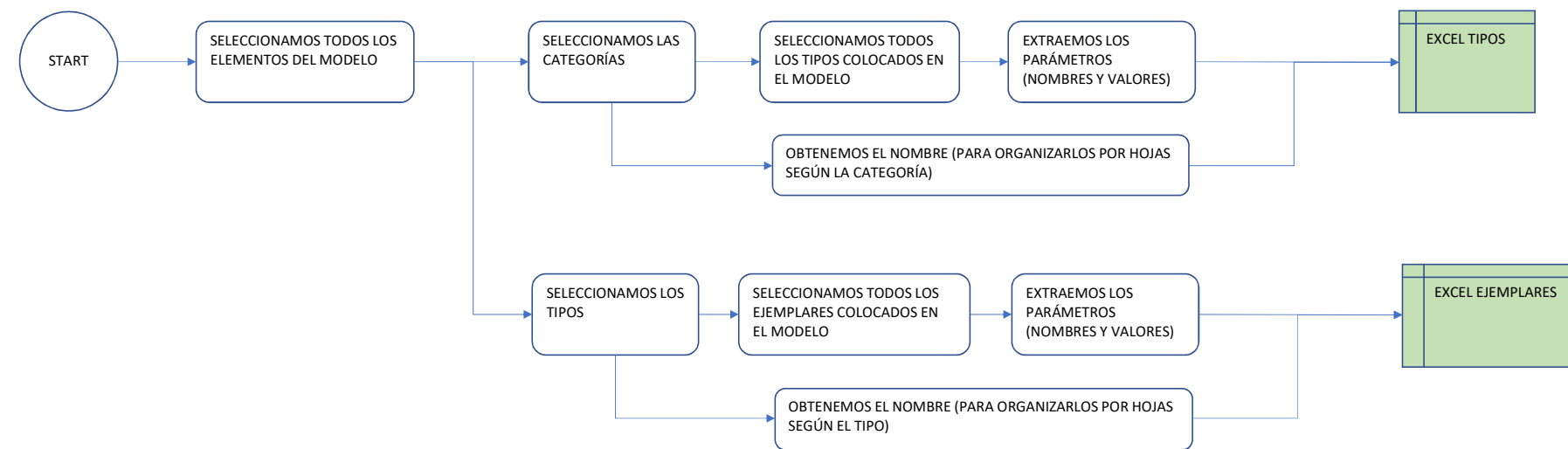




AUTOR	TÍTULO	TFG
MANUEL M ^º BENAVENTE LEPE	CREAR PIEZAS	DISEÑO DE MODELOS BIM PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES CON DYNAMO



AUTOR	TÍTULO	TFG
MANUEL M ^a BENAVENTE LEPE	IMPORTAR PARÁMETROS	DISEÑO DE MODELOS BIM PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES CON DYNAMO



AUTOR	TÍTULO	TFG
MANUEL M ^a BENAVENTE LEPE	EXPORTAR PARÁMETROS	DISEÑO DE MODELOS BIM PARA INFRAESTRUCTURAS CIVILES CON DYNAMO

